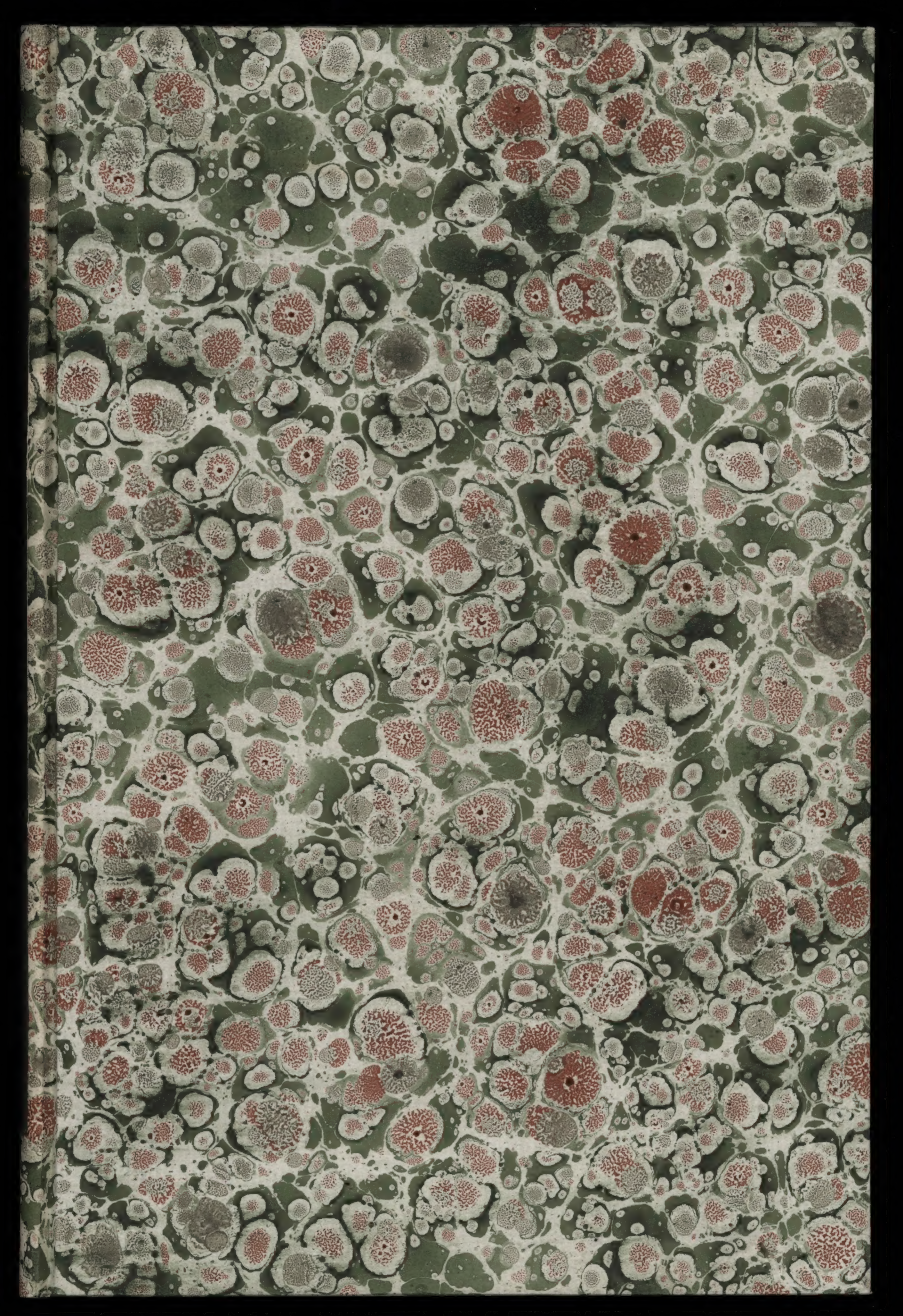
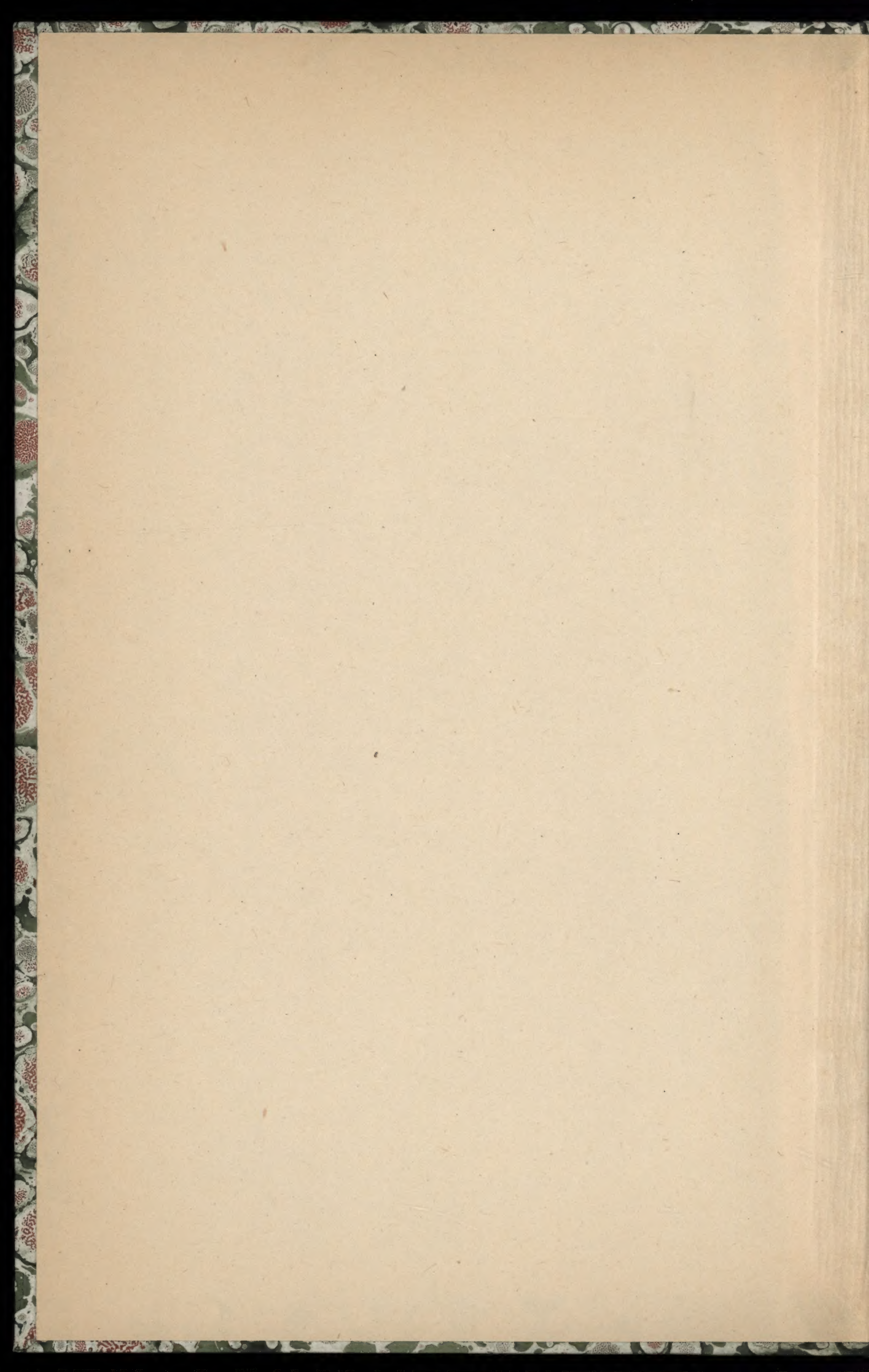




fiohi

NOTES SUR L'HISTOIRE

DE LA

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE

Extrait du *Bulletin astronomique* de l'Observatoire de Paris, IV; 1887.

NOTES SUR L'HISTOIRE

DE LA

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE

PAR

M. G. RAYET,
Directeur de l'Observatoire de Bordeaux.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1887
(Tous droits réservés.)

NOTES SUR L'HISTOIRE

DE LA

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE

Les progrès accomplis, depuis quelques années, dans la fabrication et la taille des verres d'optique, une connaissance plus précise de l'action de la lumière sur les sels d'argent, ont porté la Photographie astronomique à un degré de perfection tel, que cette méthode d'observation peut maintenant être aisément appliquée.

Il y a une quinzaine d'années, l'étude de la Lune, des protubérances et de la couronne des éclipses était les seuls phénomènes auxquels la Photographie parût pouvoir être utilement employée. Aujourd'hui, après les travaux de M. H. Draper, de M. L. Rutherfurd, de M. A.-A. Common, de M. Roberts, de M. Huggins, de M. E. Pickering, de M. Janssen et enfin des frères Henry, après l'invention des plaques sèches au gélatinobromure d'argent, on sait que les plus petites étoiles, des nébuleuses que l'œil ne soupçonne qu'à grand'peine, les détails les plus minutieux de la surface solaire peuvent être reproduits sur des plaques sensibles et ensuite étudiés ou mesurés à loisir.

La Photographie est devenue un mode d'observation facilement utilisable, un des secours les plus précieux que l'Astronomie puisse employer; elle promet les plus fructueuses découvertes.

Les essais qui ont préparé les résultats qui nous émerveillent aujourd'hui ont d'ailleurs été nombreux et il serait injuste d'oublier les noms de ceux qui, par des travaux persévérants, ont contribué à la création de la méthode de recherches qui, dans quelques mois, servira à la construction d'une Carte complète du ciel.

J'ai cru qu'il n'était pas inutile d'écrire une histoire de la Photographie astronomique. Je me suis efforcé de la rendre complète; mais bien des documents doivent m'avoir échappé, bien des compléments devront être apportés à des notes que je ne puis consi-

dérer que comme une première esquisse. Toutes les rectifications seront donc les bienvenues.

I. — Photographie de la Lune.

La Lune est le premier objet dont les astronomes photographes ont cherché à obtenir le portrait. Par sa proximité relative, par les détails nombreux et accusés que présente sa surface accidentée, par l'éclat de sa lumière qui fait pâlir celle des planètes et des étoiles, notre satellite paraissait présenter toutes les conditions nécessaires au succès d'une expérience photographique; cependant Daguerre, qui avait tenté l'essai en 1839, à la prière d'Arago (1), n'avait obtenu, malgré une pose prolongée, que des résultats très imparfaits, une image très faible, où les détails étaient complètement absents.

C'est à l'un des plus éminents physiciens américains, J.-W. Draper, qu'il était réservé d'obtenir le premier daguerréotype lunaire assez parfait pour pouvoir être de quelque utilité aux astronomes.

Le peu de sensibilité du procédé de Daguerre, même lorsqu'on cherche à corriger ce défaut des plaques d'argent par l'action des substances accélératrices, est bien connu aujourd'hui; cependant, en mars 1840, J.-W. Draper, faisant usage d'un télescope newtonien de 13^{cm} d'ouverture, qui donnait à son foyer principal une image lunaire de 25^{mm} de diamètre, obtint une série de daguerréotypes de la Lune, montrant les principales montagnes de l'astre, qui furent présentés cette même année au Lycée d'Histoire naturelle de New-York (2). La durée de la pose avait été de vingt minutes en moyenne.

Ce succès fut un puissant encouragement pour les astronomes qui essayaient déjà de marcher dans la voie indiquée par Arago et par Daguerre; cependant, près de vingt ans s'écoulent sans que la Photographie astronomique fasse des progrès quelque peu sensibles. Ce n'est qu'en 1850 que W.-C. Bond, utilisant le grand équatorial de 38^{cm} d'ouverture, qui venait d'être installé à l'obser-

---

(1) Arago, *Notice sur le daguerréotype* (*Œuvres*, t. VII, p. 458 et 498).

(2) H. Draper, *On the construction of a silvered glass telescope.... and its use in celestial Photography*, p. 33. Washington, 1864.

vatoire de Harvard College, obtint une seconde série de daguerréotypes de la Lune; les images de 12^{cm} de diamètre avaient exigé une pose de quarante secondes environ. Ces épreuves, pour lesquelles W.-C. Bond s'était associé un des meilleurs photographes de Boston, J.-A. Wipple, figurèrent en 1851 à l'exposition universelle de Londres et firent l'admiration de tous les astronomes.

Le procédé opératoire de Bond et Wipple ne présente d'ailleurs rien de particulier; l'équatorial étant muni d'un excellent mouvement d'horlogerie, il avait suffi de placer la plaque argentée et sensibilisée au foyer chimique principal de l'objectif.

Désormais c'était un fait acquis que, concentrés par un objectif de grande ouverture, les rayons lunaires avaient une puissance actinique suffisante pour agir sur les sels d'argent et pour donner, en peu de temps, des images de notre satellite présentant un grand nombre de détails. Quelques perfectionnements dans le manuel opératoire et la construction d'objectifs appropriés au nouvel ordre de recherches devaient conduire à la solution complète et satisfaisante du problème de la photographie lunaire.

Le premier progrès accompli fut un changement complet dans la nature de l'agent photographique. La plaque d'argent de Daguerre, si peu sensible à l'action de la lumière, fut remplacée par le procédé de Talbot, qui avait, en 1839-1841, imaginé de former sur du papier la couche sensible de chlorure d'argent, ou par le procédé de Nièpce de Saint-Victor qui donnait pour support au chlorure d'argent une mince couche d'albumine étendue sur une lame de verre, ou bien enfin par le procédé, plus pratique et plus sensible encore, de Legay qui, en 1851, indiqua le collodion comme pouvant avantageusement remplacer l'albumine.

La préparation du collodion et le manuel opératoire de ce procédé étaient d'ailleurs, dans cette même année 1851, rigoureusement formulés par Fry et Archer. Les avantages nombreux du collodion, la sensibilité extrême qu'on peut lui donner sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les signaler ici. Les photographes venaient de fournir aux astronomes le moyen d'obtenir, presque facilement, des résultats dont la précision répondait aux espérances que l'on avait immédiatement fondées sur ce nouvel ordre de recherches.

A partir de 1851, c'est avec le procédé au collodion que les astronomes multiplient à l'envi leurs essais de Photographie.

En septembre 1853, le professeur J. Phillips, en présentant à l'Association britannique, réunie à Hull, des photographies de la Lune obtenues par lui, les 15 et 18 juillet de cette même année, disait :

« La Lune, notre amical satellite, est exactement dans les conditions que réclame cet ordre de recherches, et, si la Photographie peut réussir à reproduire pour cet astre autant de détails que l'œil peut en montrer et en distinguer, nous laisserons aux temps futurs des monuments à l'aide desquels les changements séculaires de l'aspect physique de la Lune pourront être déterminés. Si c'est impossible, si les succès du photographe doivent seulement produire une peinture des plus larges accidents de la Lune, ce sera cependant un document de haute valeur, puisque ce sera une base, et une base exacte et pratique, pour les détails les plus délicats, détails qu'à l'aide de ce secours un artiste dessinera sûrement (¹). »

Lés essais du professeur Phillips, commencés dès les premiers mois de 1853 avec une lunette équatoriale de 159^{mm} d'ouverture et de 3^{m},35 de distance focale, donnant au foyer principal, avec un temps de pose de soixante secondes environ, des négatifs de 32^{mm} de diamètre moyen, l'avaient rapidement conduit à la conclusion que des télescopes de grande ouverture, comme le télescope de lord Rosse, donneraient facilement des photographies ne laissant rien à désirer. Ces instruments, dans lesquels le foyer chimique coïncide avec le foyer optique, devraient d'ailleurs être réglés sur le mouvement de la Lune en ascension droite et en déclinaison.

A l'observatoire de Liverpool, et sous la direction de M. Hartnupp, MM. Crookes et Edwards tentèrent, l'année suivante (1854), d'employer le grand équatorial de cet établissement (ouverture, 203^{mm}; distance focale, 3^{m},90) à la photographie de la Lune. Ici, comme dans les recherches du professeur Phillips, on constata que le foyer chimique ne coïncidait pas avec le foyer lumineux et qu'il

(¹) J. Phillips, *On Photographs of the Moon* (*Report of the twenty-third meeting of the British Association, held at Hull in september* 1853, IIe Partie, p. 14-16).

était nécessaire de corriger à la main, en suivant un point de l'astre dans le chercheur, le mouvement d'horlogerie réglé sur le mouvement sidéral. Les images obtenues à Liverpool paraissent avoir été satisfaisantes ([1]).

Les travaux furent d'ailleurs continués en 1855 et 1856. M. Crookes, à l'aide d'une subvention de la Société Royale de Londres et par d'importants perfectionnements dans la préparation du collodion et dans la manière d'opérer, parvint à obtenir des négatifs intenses avec une pose de quatre secondes ([2]).

Enfin, à la réunion de l'Association britannique tenue à Liverpool en 1854, le Dr J.-B. Read présentait un négatif de la Lune, d'environ 23cm de diamètre, obtenu, quelques jours auparavant, par l'exposition directe d'une lame de collodion au foyer du télescope de M. Craig (de Wandsworth). Les dimensions inusitées de ce télescope, dont le miroir n'avait pas moins de 60cm d'ouverture avec 23m,49 de distance focale, ayant empêché de le monter équatorialement et de le pourvoir d'un mouvement d'horlogerie, la plaque sensible avait dû être disposée sur un châssis spécial, mobile, dans une coulisse convenablement orientée, à l'aide d'une vis micrométrique qu'un observateur tournait à la main de manière à donner, pendant quelques secondes, à ce châssis une vitesse égale à la vitesse apparente de l'image lunaire. Le négatif exposé à Liverpool était, paraît-il, fort beau ([3]).

Je noterai, en passant, qu'avec le même instrument, et pour prouver son grand pouvoir optique, M. Reade avait obtenu une image instantanée du Soleil, montrant le caractère moutonné (*mottled*) de la surface de cet astre.

Parmi les essais faits à cette époque, en Angleterre, pour obtenir des photographies lunaires, il convient de citer encore les tentatives de Grubb et de Fry.

([1]) Dr E. Edwards, *On Collodion Photographs of the Moon's surface* (*Report of the twenty-fourth meeting of British Association, held at Liverpool in september* 1854; IIe Partie, p. 66).

([2]) Crookes, *On the Photographs of the Moon* (*Proceedings of the R. Society of London*, vol. VIII, 1857).

([3]) J.-B. Reade, *On Photographs of the Moon and of the Sun* (*Report of the twenty-fourth meeting of the British Association, held at Liverpool in september* 1854, IIe Partie, p. 10-12).

Les travaux de Grubb ont été résumés par lui-même, dans une Communication faite le 6 mai 1857 à la Société photographique de Dublin. En employant une lunette équatoriale de 32^{cm} d'ouverture et de $6^{m},10$ de distance focale, lunette dont le foyer chimique était un peu plus court que le foyer lumineux, il obtenait en vingt à vingt-quatre secondes des négatifs de 53^{mm} de diamètre. La disposition la plus originale de l'instrument de Grubb, disposition inspirée par un projet de M. W. de la Rue et de lord Rosse, consiste dans la disposition donnée à la chambre noire. Cette dernière, posée sur une coulisse perpendiculaire à l'axe de la lunette, était mobile à l'aide d'un appareil d'horlogerie qui lui communiquait un mouvement de translation lui permettant de suivre le mouvement de la Lune en déclinaison. L'horloge de l'équatorial était elle-même réglée sur le mouvement de la Lune en ascension droite.

Les essais de Fry, à l'aide d'une lunette de 22^{cm} d'ouverture et de $3^{m},35$ de distance focale, furent faits en 1857 et montrèrent l'influence de la température de l'objectif sur la position du foyer chimique.

A la liste des nombreux astronomes qui, de 1850 à 1857, se sont occupés des photographies de la Lune, il faudrait enfin, d'après M. A. Brothers (¹) ajouter les noms de MM. Bertch et Arnaud, en France; Huggins, à Londres; Dancer, Baxendell et Williamson, à Manchester. Je n'ai d'ailleurs pu trouver aucune indication précise sur les travaux de ces physiciens.

Parmi les astronomes anglais, celui qui a porté la photographie de la Lune au plus haut degré de perfection est bien certainement M. W. de la Rue, dont le rôle dans le développement de la Physique solaire est si important. Ses premiers essais photographiques sont contemporains ou un peu antérieurs à ceux dont nous venons de présenter l'énumération dans l'ordre historique des publications, et ils ont été continués pendant plusieurs années. En 1852, pour la première fois je crois, M. W. de la Rue obtint quelques bonnes images de la Lune en plaçant une lame de verre collodionnée au foyer d'un télescope à réflexion, de 33^{cm} d'ouverture et de $3^{m},05$ de distance focale, monté équatorialement dans le jardin de sa ré-

---

(¹) A. Brothers, *On celestial Photography* [*Proceedings of the litterary and philosophical Society of Manchester,* vol. V, p. 68 et suivantes (1865-1866)].

sidence de Londres, mais non pourvu d'un mouvement d'horlogerie. Pour suivre le mouvement de la Lune, on agissait, à la main, sur la vis tangente de l'instrument, en s'efforçant de maintenir sur la croisée des fils du chercheur un point remarquable d'un cratère déterminé. Quoique obtenues dans ces circonstances désavantageuses, les photographies étaient néanmoins excellentes et prouvaient ainsi avec quelle perfection la main d'un astronome habile peut obéir à l'œil.

En 1857, M. W. de la Rue, ayant transporté ses instruments sous le ciel plus pur de sa nouvelle résidence de Crawford, les travaux furent repris dans de meilleures conditions atmosphériques, avec une perfection plus grande dans l'installation matérielle des instruments, et poursuivis assidûment avec le télescope déjà employé à Londres. La monture de ce dernier était cette fois pourvue d'un mouvement d'horlogerie pouvant se régler sur le mouvement diurne de la Lune.

Les télescopes, à l'emploi desquels M. W. de la Rue s'était arrêté, présentent sur les lunettes, munies d'objectifs achromatiques ordinaires, l'avantage considérable que les rayons de toutes les réfrangibilités sont réunis au même foyer; ils sont rigoureusement achromatiques et la mise au foyer de la plaque photographique peut être très exactement faite à l'aide d'une loupe placée en arrière et qui doit être à la fois au point sur la surface du collodion et sur l'image de la Lune.

Les négatifs fournis par le télescope de M. W. de la Rue avaient 28^{mm} de diamètre et pouvaient facilement être amplifiés jusqu'à donner des positifs de près de 60^{cm} de diamètre; examinés avec un microscope grossissant seize fois, ils montraient les fentes que présentent quelques régions de la Lune et les plus petits détails des cratères; pour Copernic par exemple, ils faisaient voir non seulement les rayons extérieurs, mais encore les terrasses de la partie interne des bords du cratère, le double cône central et la forme polygonale de la plaine intérieure ([1]).

Plusieurs des photographies que M. W. de la Rue montrait à

([1]) W. de la Rue, *Report on the present state of Celestial Photography in England* (*Report of the twenty-ninth meeting of the British Association, held at Aberdeen in september* 1859, p. 130 à 153).

Aberdeen, en 1859, étaient disposées de manière à produire l'impression du relief par leur introduction dans un stéréoscope.

Dans le cours de ses observations, le directeur de l'observatoire de Crawford eut l'occasion de remarquer que des portions de la Lune, également éclairées pour l'œil, n'étaient pas également brillantes au point de vue chimique. Les ombres et les lumières d'une photographie de notre satellite ne répondent donc pas dans tous les cas aux ombres et aux lumières d'un dessin. La Photographie rend parfois visibles des détails qui échappent à l'observation optique; ainsi, par exemple, des couches de composition chimique ou physique différente réfléchissent plus ou moins de rayons chimiques et peuvent par suite être distinguées. D'un autre côté, les parties de la Lune très obliquement éclairées exigent, pour donner une image suffisamment intense, un temps de pose cinq ou six fois plus grand que celui qui est nécessaire à la reproduction des autres régions, ce qui, suivant M. W. de la Rue, prouve peut-être qu'il y a une atmosphère dans les régions les plus basses, dans le fond des vallées, de notre satellite.

A cette même époque de 1859, M. W. de la Rue s'occupait encore de la photographie des principales planètes, et quelques belles images de Jupiter et de Saturne furent obtenues dans cette année.

Les photographies lunaires de M. W. de la Rue ont été dans les mains de tous les astronomes et tous savent quelle est leur perfection. Ces recherches méritaient donc d'être continuées et il est peut-être à regretter que le savant astronome ait été distrait de ses travaux sur la Lune par la préparation de l'expédition photographique envoyée en Espagne pour l'observation de l'éclipse totale du 18 juillet 1860 et puis par l'organisation du service de la photographie solaire à l'observatoire de Kew.

Quoi qu'il en soit, c'est en Amérique qu'il faut aller chercher la suite de l'histoire de la Photographie lunaire.

M. L. Rutherfurd, qui suivait depuis longtemps avec intérêt les travaux de Photographie céleste poursuivis par Bond à Harvard College, se détermina en 1858, dès l'installation complète de son observatoire particulier, à appliquer sa lunette équatoriale, de $28^{cm},5$ d'ouverture, à la Photographie céleste. Après avoir déterminé la position du foyer chimique de l'instrument, position différant de 18^{mm} de celle du foyer lumineux, il obtint, en 1858, des

photographies de la Lune d'une netteté comparable à toutes celles que l'on obtenait alors, mais qui cependant ne le satisfaisait pas entièrement : les images s'amélioraient lorsque l'objectif était diaphragmé.

Les défauts que le savant américain rencontrait dans ses photographies de notre satellite, et surtout des planètes, tenaient bien évidemment à ce que l'objectif dont il faisait usage n'était pas achromatique pour les rayons chimiques. Aussi, dès l'hiver de 1859, M. L. Rutherfurd chercha à obtenir ce dernier achromatisme en ajoutant des lentilles convenables entre l'objectif équatorial et son foyer principal (1) ; il parvint ainsi à corriger le centre du champ, mais il lui fut impossible de produire une correction passable sur un espace égal à celui qui était occupé par une image de la Lune.

M. Rutherfurd, désespérant d'arriver à achromatiser ainsi sa lunette équatoriale, se mit alors (automne de 1861) à employer un télescope du type de ceux de Cassegrain, construit par Fitz, et dont le miroir, en verre argenté, avait 33^{cm} de diamètre. Avec ce dernier instrument, M. Rutherfurd n'obtint pas encore le résultat désiré, et cela quoique le miroir fût rigoureusement achromatique. Les ébranlements de la rue voisine donnaient au miroir des vibrations dont l'effet était doublé par la réflexion de la lumière, et la couche d'argent s'altérait avec une rapidité extrême au contact de l'air chargé de vapeurs sulfhydriques produites par la combustion du gaz.

Ayant ainsi échoué dans ses tentatives pour achromatiser au point de vue des rayons chimiques un objectif ordinaire et pour employer un télescope à réflexion, le savant professeur prit, dans l'automne de 1863, la résolution de construire un objectif de large ouverture spécialement destiné à la Photographie. Le procédé qu'il employa mérite d'ailleurs d'être décrit, et je crois utile de reproduire ici, d'après sa Note de mai 1865, le paragraphe qu'il consacre à cette question.

« L'image d'une étoile, au foyer d'un objectif parfait, doit être un point, le sommet de tous les cônes imaginables ayant pour base l'objectif entier, ou seulement une partie de cet objectif. La

---

(1) L. Rutherfurd, *On astronomical Photography* (*American Journal of Science*, vol. XXXIX, mai 1865).

lumière émanée de ce point supposé placé sur la face d'un prisme doit donner pour image une ligne rouge à l'une de ses extrémités, violette à l'autre, et présentant entre ces deux régions la série des couleurs de l'arc-en-ciel. Si, cependant, les rayons des différentes couleurs ne sont pas tous concentrés au même foyer, le spectre ne sera plus une ligne; mais, pour les couleurs non corrigées, il s'élargira en forme de pinceau d'une largeur égale à celle du cône coupé par la surface du prisme considéré : un simple regard sur le spectre d'une étoile indiquera quelles couleurs du spectre sont limitées par des lignes parallèles et par conséquent convergent au même point, et aussi quelles sont celles qui ne satisfont pas à cette condition et quelle est la quantité de l'erreur. »

En partant de ce principe d'examen, M. L. Rutherfurd trouva que l'achromatisme chimique pouvait être obtenu en combinant avec un crown déterminé un flint calculé pour donner une distance focale plus courte d'un dixième que celle que l'on obtiendrait avec le flint nécessaire à l'achromatisme optique.

Dans ces conditions, la construction d'un objectif est délicate et les essais ne peuvent guère être faits que sur les étoiles et avec le secours de la Photographie; aussi M. Rutherfurd employa-t-il un an pour obtenir un objectif photographique de 29^{cm} d'ouverture, d'une distance focale presque égale à celle de son ancien objectif, et pouvant être substitué à ce dernier sur la monture équatoriale qu'il possédait déjà. Cet objectif était d'ailleurs presque parfait et a donné à son auteur des images d'étoiles de 8e ou 9e grandeur, ainsi que des photographies de la Lune, qui, comme celle du 6 mars 1865, ne laissent absolument rien à désirer.

La nécessité d'employer à la Photographie un objectif spécial prive l'observateur de la possibilité de contrôler immédiatement par la vue les résultats qu'il obtient sur des plaques et de passer rapidement d'un mode d'observation à l'autre. Aussi M. L. Rutherfurd a-t-il accompli un nouveau progrès lorsque, en 1867, il a fait voir qu'on pouvait achromatiser pour les rayons chimiques un objectif ordinaire en plaçant en avant de la lentille biconvexe un ménisque de flint formant une lentille concavo-convexe (1). Avec

(1) Lettre autographe de M. L. Rutherfurd à M. G. Rayet, en date du 8 octobre 1886.

un objectif de 33cm de diamètre, ainsi corrigé, M. Rutherfurd a pu obtenir, sur une plaque au collodion humide et en six minutes, les images d'étoiles de 10e grandeur.

Les travaux photographiques de M. Rutherfurd sont interrompus depuis 1870 et il a donné ses instruments au Columbia College de New-York, qui les laisse inutilisés depuis plus de dix ans.

M. L. Rutherfurd avait d'ailleurs jusqu'à ces dernières années, et à New-York même, un émule, H. Draper, dont les travaux de Photographie astronomique ont une importance majeure.

H. Draper (1), le fils de M. W. Draper, fut, dès la fin de brillantes études, associé aux travaux de son père, physicien très distingué, et initié par lui aux recherches d'Optique et de Photographie; il n'était encore qu'écolier lorsqu'il découvrit (1859) que le chlorure de palladium pouvait être employé avec avantage pour renforcer les négatifs sur collodion humide. Bientôt après il fit un voyage en Angleterre et, pendant son séjour dans les îles Britanniques, il eut l'occasion d'entrer en relation avec lord Rosse et de visiter l'observatoire que ce dernier avait fait construire à Parsonstown. Vivement frappé de la puissance des télescopes qu'il put y admirer, il songea de suite à la possibilité d'employer les instruments de cette espèce, dans lesquels les foyers lumineux et chimiques sont confondus, à la Photographie astronomique, et, dès son retour en Amérique, il entreprit la construction d'un miroir métallique de 38cm de diamètre; ce miroir, terminé à la fin de 1860, paraît s'être rapidement terni, sans avoir servi à aucune expérience importante.

Sur les indications de J. Herschel, Draper s'occupa alors, et pendant les années 1861 et 1862, de la fabrication d'un miroir en verre d'un diamètre un peu supérieur à celui du précédent, 40cm, qui fut terminé et monté en 1863. La construction et le mode de vérification de ce miroir, son procédé d'argenture et la manière dont il était installé ont été décrits par H. Draper lui-même dans un important Mémoire publié en 1864 par la Smithsonian Institution (2). La forme parabolique du miroir avait été obtenue par un

---

(1) Henry Draper, né en Virginie le 7 mai 1837, est mort à New-York le 20 novembre 1882.

(2) H. Draper, *On the Construction of a silvered glass Telescope* 15,5 *inches in aperture, and its use in Celestial Photography* (*Smithsonian contribution*, n° XIV, p. 2, july 1864).

procédé analogue à celui de L. Foucault et l'argenture était le résultat de l'action de l'aldéhyde sur le nitrate d'argent; la disposition du miroir dans sa monture était celle de Newton, l'image focale étant rejetée sur l'un des bords du tube où elle était recueillie sur une plaque de collodion humide.

Les qualités optiques de ce miroir paraissent avoir été remarquables, et H. Draper l'a surtout utilisé pour des photographies de la Lune, dont les négatifs de 32^{mm} de diamètre se trouvaient ensuite agrandis par un système optique particulier dans lequel n'entraient que des miroirs sphériques.

Les Lunes de Draper sont certainement les plus parfaites qu'on ait obtenues à cette époque de 1864.

On sait cependant combien la nécessité de s'élever chaque fois jusqu'au sommet d'un tube de grande longueur rend pénibles les observations faites avec un télescope newtonien; aussi H. Draper, encouragé par la réussite obtenue dans la construction de ses premiers miroirs, ne tarda-t-il pas à entreprendre la fabrication d'un nouveau miroir en verre, de 72^{cm} de diamètre et de $3^{m},75$ de distance focale, destiné à être combiné avec un petit miroir de 20^{cm} de diamètre et de 74^{cm} de distance focale, pour former un télescope de la disposition de Cassegrain. Ce dernier instrument, commencé en 1869, fut terminé en 1871 et monté la même année dans l'observatoire que le savant physicien possédait à Hastings, sur les bords de l'Hudson. La monture équatoriale était de forme allemande et le tube composé d'une sorte de treillage métallique laissant libre circulation à l'air.

Cet instrument a donné à H. Draper quelques magnifiques photographies de la Lune, et surtout un assez grand nombre de photographies de spectres d'étoiles; mais c'est un des côtés des travaux de Draper sur lequel nous reviendrons dans une autre Section de cet historique.

Les travaux que nous venons d'analyser paraissent avoir élucidé toutes les questions relatives à la photographie de la Lune, et, s'il est possible de surpasser la précision des images de notre satellite obtenues par Warren de la Rue, Rutherfurd ou Draper, cela ne peut être que par l'emploi d'objectifs ou de miroirs d'une très large ouverture, donnant directement au foyer des négatifs de grand diamètre.

La seule tentative faite dans cette voie depuis 1870 est, à ma connaissance, celle de M. R. Ellery qui a employé le grand télescope de 122^{cm} de diamètre, construit par Grubb pour l'observatoire de Melbourne, à obtenir des photographies lunaires qui ont été présentées à la Société astronomique de Londres, en février 1873 (1).

L'ensemble des travaux que je viens de résumer brièvement dans les quelques pages précédentes me semble donner satisfaction entière aux desiderata si bien formulés en 1853 par M. Phillips, le savant professeur de Géologie à l'Université d'Oxford, et le président du Comité de l'Association britannique pour les études de la Lune. M. H. Faye l'a constaté en présentant à l'Académie des Sciences, en novembre 1872, les Lunes de M. Rutherfurd. « Il suffit, a-t-il pu dire, d'un coup d'œil sur ces magnifiques épreuves pour faire apprécier les services qu'elles pourraient rendre à l'étude de la géologie lunaire. Les grandes lignes lumineuses, sortes de cassures dessinant des arcs de grand cercle, se croisent suivant des angles qu'il est possible de mesurer avec une certaine exactitude.... Les cirques, les cratères et jusqu'aux moindres fosses circulaires, que la surface de la Lune nous présente en si grand nombre, y sont représentées à grande échelle, avec une vérité saisissante qu'aucune carte topographique ne saurait reproduire. On pourra y étudier, pas à pas, les variétés nombreuses de ces types si divers, si semblables de prime abord à nos volcans éteints, et si différents toutefois, à certains égards, de leurs analogues terrestres. Ici la photographie donne les hauteurs (dans la région des ombres portées) aussi bien que les dimensions linéaires dans le sens horizontal. »

Les photographies de la Lune faites par M. L. Rutherfurd, par H. Draper ou par R. Ellery, quand bien même elles seraient peu utiles au point de vue de la géologie de notre satellite, permettront toujours, par la comparaison d'épreuves obtenues à diverses époques, de résoudre la question, aujourd'hui presque insoluble, de changements actuels dans la forme des cratères lunaires. Le figuré topographique du terrain dans les Cartes de Beer et de Mae-

(1) R. Ellery, *Account of Melbourne Observatory* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XXXIII, p. 229, 1873).

dler, de Lohrmann et même de J.-F.-J. Schmidt est beaucoup trop insuffisant pour le but à atteindre; seuls les dessins de Nasmyth et de Carpenter, ou du Dr Weineck, doivent être considérés comme représentant la physionomie de la Lune; mais, malgré toute l'habileté et la conscience de ces observateurs, leurs dessins pourront toujours être suspectés de n'être qu'une interprétation des détails que montrent les télescopes; ils ne sauraient être considérés comme des témoins impartiaux. La surface du collodion peut seule nous donner une image rigoureuse des cratères de notre satellite, et la série des photographies du même point peut seule nous apprendre si la Lune est réellement en voie de transformation.

Il est donc vivement à désirer que les succès récemment obtenus dans la photographie des étoiles ne fassent pas négliger complètement l'étude de notre satellite.

II. — Photographie des éclipses de Soleil.

L'intérêt qu'il y aurait à photographier les phénomènes singuliers que l'on aperçoit autour de la Lune à l'instant des éclipses totales de Soleil, et qui sont si difficiles à dessiner par suite de leur complication extrême et du temps très court pendant lequel ils restent visibles, a frappé immédiatement les astronomes. Les essais faits dans le but de les fixer sur une plaque daguerrienne ou sur une lame de verre collodionnée remontent presque à l'origine de la Photographie astronomique.

Le premier en date est, à ma connaissance au moins, celui du professeur Majocchi (1). Placé à Milan pour observer l'éclipse totale du 8 juillet 1842, ce physicien obtint sur une plaque daguerrienne portée au foyer d'une chambre obscure photographique, et après une exposition de deux minutes environ, une image du très mince croissant auquel se réduit le Soleil dans les derniers instants qui précèdent la totalité; mais une autre plaque exposée pendant le même temps à la lumière de la couronne, qui devient visible pendant la période de la totalité, ne donna pas la moindre trace d'impression photographique. Une autre expérience faite avec un

(1) Majocchi, *Annalen der K. K. Sternwarte in Wien*. Neuer Folge, vol. II, p. 38.

papier au bromure d'argent conduisit égalemment à un résultat négatif.

L'éclipse de 1842, dont les phénomènes physiques ont été décrits et étudiés par tant d'observateurs, avait cependant mieux fait connaître la couronne et les protubérances. Ces phénomènes avaient paru brillants, et les perfectionnements que chaque jour apportait dans la préparation primitive des plaques de Daguerre faisaient espérer que la tentative dans laquelle avait échoué le professeur Majocchi pouvait être reproduite avec des chances suffisantes de succès.

Aussi à l'approche de l'éclipse totale de 1851, éclipse qui devait être visible dans le nord de l'Europe, l'Association britannique pour l'avancement des Sciences n'hésita pas à charger un Comité, composé de Sir J. Herschel, Airy, Forbes, Powel et O. Struve, de préparer des instructions pour les observations du 28 juillet 1851.

Ces instructions, présentées à l'Association britannique en août 1850, renferment le paragraphe suivant, qu'il est intéressant de reproduire :

« Dans les observatoires fixes qui se trouvent dans la zone de l'éclipse, et qui possèdent une lunette montée équatorialement avec un mouvement d'horlogerie (réglé sur le mouvement diurne du Soleil), il est extrêmement désirable qu'il soit pris les dispositions nécessaires pour reproduire, d'après les procédés de Daguerre ou de Talbot, l'image du Soleil ou de la lumière qui entoure la Lune pendant que le Soleil est éclipsé. Il est nécessaire de remarquer que des plaques de différents degrés de sensibilité doivent être employées aux diverses phases de l'éclipse; la lumière du Soleil non éclipsé est extrêmement intense, et celle de la couronne qui enveloppe la Lune, ou celle des flammes rouges qui se projettent sur elle, excessivement faible (1). »

L'appel de l'Association britannique fut entendu de quelques observateurs.

A Rome, où l'éclipse n'était que partielle, le R. P. Secchi prit plusieurs fois le Soleil au daguerréotype, en appliquant une

---

(1) *Suggestions to Astronomers for the Observation of the Total Eclipse of the Sun on July* 28, 1851 (*Report of the twentieth meeting of the B. Association, held at Edinburgh in July and August* 1850, p. 359. Londres, 1851).

chambre obscure à son équatorial de Cauchoix, dont l'objectif avait été diaphragmé à 65^{mm}, et en grandissant l'image du Soleil, par l'oculaire, jusqu'à lui donner 75^{mm} de diamètre. Les épreuves du P. Secchi démontrèrent, ce que l'on savait déjà, que le Soleil était plus brillant au centre que sur les bords (1).

A Rixhöft, le Dr Busch, directeur de l'observatoire de Königsberg, et M. Berkowski, employant une lunette équatoriale qui avait 60^{mm} d'ouverture et 79^{cm} de distance focale, furent assez heureux pour réaliser complètement le programme de l'Association britannique. Avec une exposition de quatre-vingt-quatre secondes ils obtinrent un négatif, aujourd'hui déposé à l'observatoire de Strasbourg dans les mains de M. Winnecke, qui montre admirablement la couronne et les principales protubérances de cette éclipse du 28 juillet 1851 (2).

Les éclipses annulaires de 1852 et de 1857 ne donnèrent et ne pouvaient donner aucun résulat intéressant; la première fut cependant photographiée à West-Point par le professeur Bartlett.

Pour l'éclipse totale du 7 septembre 1858, visible dans l'Amérique du Sud, M. Liais obtint une série d'épreuves du Soleil partiellement éclipsé (3).

L'éclipse du 18 juillet 1860, qui devait être visible sur une longue ligne commençant en Amérique, sur les côtes du Labrador, traversant l'Atlantique, puis l'Espagne et l'Algérie, a donné lieu à de nombreuses recherches photographiques, et les résultats obtenus, au prix de grands efforts, ont marqué une date mémorable dans le développement de la Physique solaire, déjà renouvelée par les travaux de Kirchhoff et Bunsen.

L'éclipse du 18 juillet 1860 a été photographiée en Amérique et en Europe.

En Amérique, l'expédition placée sous la direction du professeur Stephen Alexander, et qui s'était rendue dans le Labrador, avait

---

(1) Secchi, *Lettre aux rédacteurs des* Astronomische Nachrichten (*Astronomische Nachrichten,* vol. XXXIII, p. 72. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris,* 8 septembre 1851).

(2) Busch, *Beobachtungen der totalen Sonnenfinsterniss am* 28 *Juli* 1851... *zu Rixhöft* (*Beobachtungen von Sternwarte in Königsberg,* vol. XXVIII, p. 17. Königsberg, 1854).

(3) Liais, *Astronomische Nachrichten,* vol. XLIX, p. 293.

emporté une lunette équatoriale, propriété de M. L. Rutherfurd, qui avait $1^m,85$ de distance focale. Le diaphragme, destiné à régler les temps de pose, était placé devant l'objectif et les épreuves étaient obtenues au foyer principal. Les photographes de l'expédition, MM. Duchochois et W. Thompson, obtinrent, malgré une atmosphère défavorable, trois épreuves au collodion montrant distinctement la partie inférieure de la Couronne (¹).

Les premières photographies d'éclipses totales, vraiment bonnes et montrant avec précision les protubérances et la couronne, sont d'ailleurs celles qui ont été obtenues en Espagne, ce même 18 juillet 1860, par M. Warren de la Rue et par le R. P. Secchi; les Mémoires où ces deux savants astronomes ont exposé leurs méthodes et discuté les résultats obtenus sont depuis longtemps classiques et peuvent encore aujourd'hui être consultés avec fruit.

M. W. de la Rue, qui, dans un voyage en Russie, avait eu l'occasion d'examiner le daguerréotype obtenu par le Dr Busch en 1851 et de constater ainsi que les plaques d'argent n'avaient pas une sensibilité suffisante pour pouvoir donner une image des protubérances et de la couronne assez précise pour être de quelque utilité au point de vue de la discussion de la nature de ces objets, résolut de chercher à obtenir des épreuves au collodion; d'autre part, à cause des défauts que présente souvent cette substance, il était convenable de donner aux épreuves un assez grand diamètre.

L'instrument à employer devait donc, dans ses traits généraux au moins, être semblable à l'héliographe de Kew. Le savant astronome fut assez heureux pour obtenir de la Société Royale de Londres l'autorisation d'emporter en Espagne l'héliographe de Kew lui-même; et c'est avec lui qu'il vint s'établir à Rivabellosa, dans la vallée de l'Ebre. On sait que cet instrument a un objectif, achromatique pour les rayons chimiques, de 86^{mm} d'ouverture libre et de $1^m,52$ de distance focale, et qu'avant d'être projetées sur la plaque photographique les images sont agrandies, par un oculaire d'Huygens, jusqu'à avoir 97^{mm} de diamètre.

Avec l'héliographe de Kew et une durée de pose de soixante

(¹) Stephen Alexander, *Report to the superintendent of the U. S. Coast Survey on the expedition to Labrador to observe the total eclipse of July* 18, 1860..... (*Coast Survey Report for* 1861).

secondes, M. W. de la Rue ([1]) obtint, pendant la durée de la totalité, trois épreuves qui montrent à la fois les protubérances et la partie inférieure et circulaire de la couronne.

Ces photographies, dont les fac-similés ont été bien des fois reproduits, ont une grande netteté : on a pu aisément déterminer sur elles les positions successives qu'une même protubérance occupe par rapport au centre de la Lune et prouver ainsi aux plus incrédules que ces flammes rouges ont une existence réelle sur le Soleil.

Le R. P. Secchi avait transporté au Desierto de las Palmas l'équatorial de Cauchoix du Collège romain (ouverture, 162^{mm}; distance focale, $2^{m},50$) et transformé sa lunette en instrument photographique en remplaçant l'oculaire ordinaire par un châssis porte-plaque; l'appareil fut confié à M. Monserat, professeur de Chimie à l'Université de Valence, qui fut assez habile pour obtenir au foyer principal de l'objectif, et pendant les trois minutes de la totalité, cinq représentations des protubérances ([2]) et de la couronne. La grande ouverture de l'objectif par rapport à la distance focale avait permis de réduire le temps de pose à une vingtaine de secondes, et l'expérience montre que cette durée aurait pu être réduite encore, puisque, sur l'une des épreuves, un ébranlement accidentel communiqué à l'instrument a entraîné la reproduction à triple exemplaire des protubérances les plus brillantes.

Les photographies obtenues à l'aide de l'équatorial du Collège romain n'ont que 25^{mm} de diamètre environ, mais elles sont très précises et leurs mesures ont démontré, indépendamment des observations de M. W. de la Rue, que les protubérances, mobiles par rapport au disque lunaire, étaient bien des flammes appartenant au Soleil.

Mais ce n'est pas ici le lieu de comparer les photographies de M. W. de la Rue et du P. Secchi et de montrer les conséquences importantes auxquelles cette comparaison a conduit : je dois rester dans le rôle plus ingrat d'historien.

([1]) W. de la Rue, *On the Solar Eclipse of July* 18, 1860, *observed at Rivabellosa near Miranda de Ebro, in Spain* (*Philosophical Transactions for* 1862).

([2]) Secchi, *Relazione delle osservazioni fatte in Spagna durante l'eclisse totale del* 18 *luglio* 1860.

La Commission française que Le Verrier ([1]) avait conduite en Espagne pour l'observation de l'éclipse totale du 18 juillet 1860 a également obtenu quelques photographies de la Couronne. L. Foucault, auquel cette partie des observations était confiée, avait fait monter équatorialement une chambre noire ordinaire pourvue d'un objectif double à large ouverture et à court foyer. L'appareil portait un chercheur et, à la main, on pouvait maintenir l'astre sur la croisée des fils de l'oculaire et, par suite, son image immobile sur la plaque collodionnée. Trois images formées en dix, vingt et soixante secondes furent obtenues. Toutes montrent la couronne, et la grandeur de celle-ci croît avec le temps de pose; sur la dernière il y a même quelques traces des rayons de la gloire.

Les essais faits en 1860 par M. W. de la Rue et par le P. Secchi prouvent que les procédés au collodion humide ont une sensibilité suffisante pour donner des images nettes des protubérances et de la partie inférieure, circulaire et brillante, de la couronne; mais les parties les plus éloignées de cette dernière, les parties où la structure filamenteuse et rayonnante commence à se montrer, les rayons de la gloire n'ont été reproduits par aucun des photographes qui s'étaient rendus en Espagne.

Les photographes de l'éclipse du 18 août 1868 n'ont d'ailleurs pas été plus heureux que leurs devanciers.

A Aden, les opérations photographiques, dirigées par M. H. Vogel ([2]), furent contrariées par l'état du ciel, et les épreuves, obtenues au foyer d'une lunette de 160^{mm} d'ouverture et de $2^{m},50$ de distance focale, ne montrent guère que les protubérances.

A Guntoor, le colonel Tennant ([3]) et le sergent Phillips ont fait usage d'un télescope à réflexion de 23^{cm} de diamètre et de $1^{m},40$ de distance focale; mais, après une exposition de dix secondes, ils n'ont obtenu que de faibles traces de la Couronne.

Avec l'éclipse du 7 août 1869 les astronomes ont été plus heureux.

([1]) Le Verrier, *Rapport adressé au Ministre de l'Instruction publique sur l'observation de l'éclipse totale du* 18 *juillet* 1860 (*Moniteur universel* du 25 juillet 1860).

([2]) Vogel, *Bericht über die photographischen Arbeiten der Adener Expedition* (*Vierteljahrschrift der astronomischen Gesellschaft*, vol. VII, p. 241).

([3]) Tennant, *Report on the Total Eclipse of the Sun, august* 17-18, 1868, *as observed at Guntoor* (*Memoirs of the R. Astronomical Society*, vol. XXXVII).

A Ottumwa (Iowa), MM. Himes (1), Browne et Backer, avec une lunette de 152^{mm} d'ouverture et $2^m,59$ de foyer, pourvue d'un oculaire donnant par agrandissement des images de 54^{mm} de diamètre, ont obtenu, par des expositions de six, douze et seize secondes, des négatifs d'une finesse extrême, reproduisant une partie de la couronne.

Dans la station de Burlington (Iowa), M. A. Mayer (2), opérant avec une lunette d'une ouverture un peu plus grande (163^{mm}), donnant par l'intermédiaire d'un oculaire des images de 52^{mm} de diamètre, a obtenu des négatifs dans lesquels l'image des protubérances est presque parfaite, mais où la couronne est peu représentée.

Enfin à Shelbyville (Kentucky), M. J. Winlock et Wipple, employant le petit équatorial d'Harvard College (ouverture, 140^{mm}; distance focale, $2^m,30$), ont obtenu au foyer principal, en quatorze secondes, une image de la couronne qui montre bien sa forme surbaissée vers les pôles solaires (3).

Pour le professeur J. Winlock (4), l'éclipse de 1869 peut d'ailleurs être considérée comme une sorte de préparation à l'éclipse du 22 décembre 1870 qu'il vint observer à Jerez de la Frontera (Espagne), apportant avec lui deux lunettes équatoriales photographiques de 152^{mm} et 203^{mm} d'ouverture. Les photographies, toujours obtenues au foyer principal, donnent avec l'un ou l'autre instrument une grande étendue à la couronne.

La même éclipse a encore été photographiée par M. Brothers (5) à Syracuse, à l'aide d'un objectif de Dallmeyer ayant 102^{mm} d'ouverture et 76^{cm} de distance focale. Les résultats obtenus avec une exposition de huit ou de quinze secondes sont des plus satisfaisants et montrent dans les parties supérieures de la Couronne des rayons très lumineux et des intervalles obscurs, qui donnent au phé-

---

(1) HIMES, *Journal of the Franklin Institute*, octobre 1869 (*Memoirs of the R. Astronomical Society*, vol. XLI, p. 607-609).

(2) A. MAYER, *The Total Eclipse of August* 7, 1869 (*Journal of the Franklin Institute. — Memoirs of the R. Astronomical Society*, vol. XLI, p. 610).

(3) J. WINLOCK, *Coast Survey Report for* 1869.

(4) J. WINLOCK, *Coast Survey Report for* 1870, *appendix* n° 16 (*Reports of observations upon the Total Solar Eclipse of December* 22, 1870).

(5) BROTHERS, *Observations on* 1870 *Eclipse* (*Memoirs of the R. Astronomical Society*, vol. XLI, p. 648).

nomène toutes les apparences qui sont visibles à l'œil armé d'une lunette de faible grossissement et qui sont si difficiles à rendre par un dessin.

Les essais faits par M. A. Brothers, à Syracuse, et que nous venons de signaler, semblent prouver que, si, pour obtenir les détails des protubérances, il est convenable d'employer des objectifs à large ouverture et dont la distance focale sera par conséquent égale à 15 ou 16 fois le diamètre, il y a avantage, pour photographier la couronne dans son entier, à faire usage d'objectifs d'une surface moindre, mais dans lesquels la distance focale n'est plus égale qu'à 7 ou 8 fois le diamètre. Les objectifs à portraits employés par les photographes réalisent précisément ces conditions ; ils concentrent beaucoup de lumière sur les images.

Aussi, lorsque les astronomes anglais ont voulu observer dans l'Inde l'éclipse totale du 12 décembre 1871, c'est d'instruments analogues à celui qui avait été employé à Syracuse qu'ils ont fait usage, et les succès magnifiques obtenus prouvent que les considérations précédentes sont exactes.

Le 12 décembre 1871, deux séries de photographies de la Couronne ont été obtenues, la première à Baïkul, la seconde à Dodabetta.

A Baïkul, M. Davis [1] s'est servi d'un objectif de Dallmeyer, *rapid rectilinear,* de 102^{mm} d'ouverture et de 84^{cm} de distance focale, monté sur une lunette équatoriale pourvue d'un mouvement d'horlogerie. La plaque, préparée au collodion humide, était placée au foyer principal de l'objectif. Pendant les cent vingt-trois secondes de l'éclipse totale, cinq plaques ont été successivement placées dans l'appareil et sont restées exposées pendant des temps compris entre dix et quarante secondes.

A Dodabetta, M. Hennessy [2] et le capitaine Waterhouse ont employé un instrument identique au précédent et des temps de pose compris entre cinq et vingt secondes. Six épreuves ont été obtenues.

---

(1) Davis, *M. S. Reports of the* 1871 *expedition* (*Memoirs of the R. astronomical Society,* vol. XLI, p. 702).

(2) Tennant, *Report on observations of the Total Eclipse of the Sun on december* 11-12, 1871, *made by order of Governement of India at Dodabetta* (*Memoirs of the R. astronomical Society*, vol. XLII).

Ces séries de photographies, dans lesquelles le Soleil n'a guère plus de 8^{mm} de diamètre, sont admirables de finesse et, examinées à une vive lumière, elles montrent dans la couronne, qui s'étend jusqu'à 20′ ou 25′ d'arc au-dessus du bord du Soleil, une multitude de détails dont l'existence réelle ne saurait être douteuse, puisqu'ils sont reproduits dans les deux séries d'épreuves. Ces détails ont été décrits avec un soin minutieux par M. Ranyard, dans le tome XLI des *Mémoires de la Société astronomique* de Londres.

En moins de vingt ans (1851-1871), les astronomes, aidés par les progrès de l'art photographique, sont donc parvenus à nous donner des images irréprochables et irrécusables des phénomènes d'une éclipse totale de Soleil. Quand bien même, ce qui est peu probable, les perfectionnements apportés dans la préparation des plaques sèches au gélatinobromure d'argent ne nous donneraient pas les moyens d'arriver plus sûrement aux admirables résultats de 1871, les astronomes ont néanmoins le moyen de rassembler des documents dont la discussion et la comparaison ne peuvent que conduire à des notions plus exactes sur la vaste atmosphère qui enveloppe le Soleil.

C'est à cette tâche que se sont appliqués les observateurs des éclipses totales qui se sont produites depuis 1871.

III. — Photographie du Soleil.

La photographie du Soleil présente des difficultés peut-être plus grandes que celle de la Lune, au moins si l'on veut obtenir des reproductions des taches avec leur pénombre, des facules, des corrugations... qui donnent à la surface de l'astre un aspect si singulier et si intéressant à étudier. L'intensité de la lumière est, en effet, telle que, à moins d'employer des artifices tout particuliers, les images sont toujours surexposées ou brûlées et ne donnent plus aucun détail. Les difficultés de la Photographie solaire sont telles qu'elles n'ont été réellement surmontées que dans ces dernières années, à la suite des belles recherches faites par M. Janssen à l'observatoire de Meudon.

La première épreuve photographique du Soleil que je connaisse est le daguerréotype obtenu en 1845 par MM. Fizeau et Foucault.

Cette image, souvent reproduite, montre la décroissance de la lumière du centre à la circonférence et des groupes de taches avec leurs pénombres; mais elle ne paraît pas conserver trace des facules qui devaient environner ces dernières et ne donne pas l'impression des irrégularités nombreuses de la surface de l'astre.

En 1854, J.-B. Reade [1], faisant usage du grand télescope de Wandsworth, déjà employé par lui à la photographie de la Lune, paraît avoir été plus heureux, et il montrait à l'Association Britannique, réunie à Liverpool, une image instantanée de l'astre, d'environ 23^{cm} de diamètre, qui reproduisait l'aspect moutonné (*mottled*) de la surface.

C'est également avec un objectif à très long foyer, 15^{m}, que MM. Faye et Porro photographièrent à Paris l'éclipse partielle du 15 mars 1858. Ces épreuves, dépourvues d'intérêt au point de vue de la photographie des phénomènes physiques de l'éclipse, sont intéressantes au point de vue de la reproduction des détails de la surface solaire. « Dans les épreuves de M. Porro on distingue, dit M. Faye [2], à l'œil nu, sans avoir besoin de loupe, non seulement les facules des taches marginales, mais encore les marbrures les plus délicates qui sillonnent les bords du Soleil. »

Dix ans plus tard, en juillet 1860, Challis [3], ayant diaphragmé jusqu'à 35^{mm} l'objectif du grand équatorial de Cambridge et en projetant l'image focale du Soleil à l'aide d'un oculaire qui donnait un grossissement de 100 fois, parvint à obtenir des négatifs, au collodion, sur lesquels étaient reproduites les taches avec leurs pénombres et leurs facules. Le temps de pose était réglé à l'aide du mouvement d'un écran qu'un assistant déplaçait rapidement devant l'objectif.

Quoique entrepris dans un but un peu différent et restreint, les travaux de Photographie solaire exécutés à l'observatoire de Kew,

---

(1) J.-B. Reade, *On photographs of the Moon and of the Sun* (*Report of the twenty-fourth meeting of the British Association, held at Liverpool in september* 1854).

(2) H. Faye, *Sur l'état de la photographie astronomique en France* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 28 mai 1860).

(3) Challis, *On a photograph of the Sun taken with the Northumberland Telescope of the Cambridge observatory* (*Monthly Notices of the R. Astronomical Society*, vol. XXI, p. 36; 1866).

sous la haute direction de M. W. de la Rue, doivent cependant être mentionnés ici.

En 1854, J.-F.-W. Herschel [1] avait indiqué à l'Association britannique l'importance qu'il y aurait à obtenir, jour par jour, des photographies du Soleil donnant la position et la grandeur des taches. Ce projet ayant été adopté la même année, le photohéliographe de Kew fut construit en 1855 et 1856 et installé en 1858 sous la direction de M. W. de la Rue.

La partie optique de l'instrument [2] se compose d'un objectif photographique de 86^{mm} de diamètre (ordinairement diaphragmé à 50^{mm}) et de $1^{m},27$ de distance focale. L'image produite au foyer principal est ensuite amplifiée par un oculaire d'Huygens pouvant grandir l'image jusqu'à lui donner 10^{cm} de diamètre. Entre les deux verres de l'oculaire se trouve le micromètre, formé de deux couples de deux fils, perpendiculaires l'un à l'autre, et dont la distance angulaire est connue; ces fils, photographiés en même temps que le Soleil, forment l'échelle qui permet les mesures de la position des taches.

Malgré la faible ouverture de l'objectif et l'agrandissement considérable de l'image focale, la plus grande difficulté rencontrée dans les premiers essais du photohéliographe a été la construction d'un appareil propre à limiter à une petite fraction de seconde la durée de l'impression de la glace collodionnée. Après avoir essayé, sans succès, des diaphragmes formés d'une fente étroite mobile soit devant l'objectif, soit devant la plaque photographique, MM. Warren de la Rue et Welsh s'arrêtèrent à un diaphragme métallique, percé d'une ouverture rectangulaire très étroite, mobile à l'aide d'un puissant ressort et placé aussi près que possible du foyer principal de l'objectif. Dans ces conditions la petite guillotine peut être très légère, et son mouvement rapide ne communique aucune vibration sensible à l'ensemble de l'instrument. La largeur de la fente peut être variée suivant les états de l'atmosphère.

---

(1) J.-F.-W. Herschel, *Lettre au Conseil de l'Association Britannique* (*Report of the twenty-fourth meeting of the British Association, held at Liverpool in september* 1854. *Introduction*, p. 33-34).

(2) W. de la Rue, *Report on the present state of celestial Photography in England* (*Report of the twenty-ninth meeting of the British Association, held at Aberdeen in september* 1859, p. 149 et suivantes).

L'ensemble des parties optiques du photohéliographe est monté dans une sorte de pyramide quadrangulaire qui, elle-même, est fixée à l'extrémité de l'axe de déclinaison d'une monture équatoriale de forme allemande. L'instrument est pourvu d'un mouvement d'horlogerie.

Les images solaires obtenues à Kew montrent, dit M. W. de la Rue, la différence très sensible d'éclat entre le centre et les bords du Soleil; les taches et les facules laissent voir, lorsqu'on les examine avec un grossissement modéré, des détails invisibles à l'œil.

Les épreuves solaires de Kew ont été employées par MM. W. de la Rue et Benjamin Lœwy à des études très importantes de statistique solaire.

Des photohéliographes analogues à celui de Kew sont depuis plusieurs années installés à Vilna et à Lisbonne.

La construction d'un objectif achromatique pour les rayons chimiques est une opération déjà délicate; mais il est plus difficile encore d'obtenir un système optique, comprenant un appareil d'agrandissement à court foyer, qui donne un foyer photographique bien net. M. W de la Rue raconte quelque part que la détermination de la position la meilleure à donner à la plaque de collodion du photohéliographe de Kew a exigé de très nombreux essais. D'autre part, une lentille à court foyer, employée comme instrument d'agrandissement, déforme plus ou moins les images. Enfin avec le système d'obturateur employé à Kew, obturateur placé au voisinage du foyer principal de l'objectif, l'image solaire est obtenue par l'impression d'une série successive de trapèzes curvilignes répondant aux zones de même forme que la fente de l'obturateur découpe successivement dans l'image focale du Soleil. Ce sont là des conditions un peu défectueuses pour l'obtention d'une image très nette et très précise.

Il semble donc, ainsi que l'a pensé M. J. Winlock (1), qu'il y aurait avantage à obtenir directement de grandes images à l'aide d'un objectif à très long foyer employé sans appareil d'agrandissement. L'instrument devient ainsi, il est vrai, difficile à monter équatorialement, mais l'emploi d'un miroir plan, disposé d'une manière

---

(1) Winlock, *Annals of the astronomical Observatory of Harvard College*, vol. VIII (1876), p. 37 et suivantes.

analogue à celui d'un héliostat, permet de laisser la lunette horizontale, et sa grande distance focale est alors sans inconvénient. Il n'est point, d'ailleurs, indispensable que le miroir soit monté sur un mouvement d'horlogerie, puisque les épreuves sont instantanées. Dans l'instrument employé par le professeur américain pour les célèbres photographies des éclipses de 1869 et 1870, le miroir, l'objectif de 10^{cm} d'ouverture et de 10^{m} de distance focale, et enfin la plaque photographique étaient disposés sur trois piliers différents. Quant à la guillotine, elle est placée sur un support spécial, entre le miroir et l'objectif, et porte une fente de près de 5^{cm} de large.

L'instrument que nous venons de décrire sommairement, et dont le principe est analogue à celui des appareils employés par M. Laussedat pour l'observation de l'éclipse de 1860 et du sidérostat de L. Foucault, est en usage à Harvard College depuis 1870 et paraît donner d'excellents résultats.

Notons également qu'en 1871 M. L. Rutherfurd a obtenu quelques photographies du Soleil qui reproduisent les granulations, les grains de riz, les feuilles de saule visibles à sa surface (1).

Enfin, à l'observatoire de Bothkamp, le Dr H. Vogel (2) a installé, en 1871, un appareil photographique qui donne des épreuves assez précises pour montrer les granulations de la surface solaire, ainsi que les facules et les taches.

Le système optique est formé de l'objectif de l'équatorial (ouverture 294^{mm}), diaphragmé à 95^{mm} environ, et d'un système d'agrandissement, construit par Schröder, formé de deux lentilles convergentes, qui projette sur la plaque photographique une image du Soleil ayant 105^{mm} de diamètre. La guillotine, portant une fente étroite à bords parallèles, est mobile à l'aide d'un fort ressort en acier et placée dans le plan de l'anneau oculaire du système d'agrandissement. La durée de l'exposition est comprise entre $0^{s},005$ et $0^{s},008$. Le déclenchement de l'obturateur est produit par un courant électrique.

---

(1) L. Rutherfurd, *On a Solar Photography* (*Monthly Notices of the R. Astronomical Society*, vol. XXXVIII, p. 410; 1878).

(2) H. Vogel, *Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkampf*, Heft I, p. 77. *Ueber photographische Aufnahmen der Sonne.*

Ce n'est qu'à la suite de nombreuses et importantes études préliminaires que M. Janssen est parvenu à obtenir, en 1877, des photographies solaires à grande échelle, montrant d'une façon précise les granulations de la surface de l'astre, granulations qui sont les éléments des apparences singulières de feuilles de saule, de grains de riz, auxquelles l'aspect de la surface solaire a été si longtemps comparé. Quand on examine l'astre soit par l'intermédiaire de verres noirs, d'hélioscopes, avec le secours d'objectifs argentés, ou enfin par projection, sa surface reste toujours éblouissante, et, à la contempler pendant quelque temps, l'œil perd bientôt toute sensibilité pour distinguer les accidents de cette surface. D'un autre côté, les éléments dont le savant Directeur de l'observatoire de Meudon a prouvé l'existence sont très petits et l'ondulation des images, souvent bien supérieure à leur diamètre, en leur donnant un mouvement de vibration rapide, empêche de les distinguer nettement; ce n'est que par des ciels très purs, en diaphragmant beaucoup un objectif de grand pouvoir optique, que l'on peut parvenir à voir, et pendant quelques instants seulement, quelque chose qui approche du réseau photosphérique si net sur les photographies de Meudon.

Dans ses études, M. Janssen a commencé par déterminer la région du spectre, la réfrangibilité des rayons chimiques solaires qui ont le plus d'action sur les plaques au collodion humide. Pour cela, il a photographié sur une même plaque, avec des temps de pose de plus en plus courts, un spectre formé avec des prismes composés des matières qui devaient plus tard constituer son objectif photographique. Il a ainsi démontré que l'intensité maxima du spectre photographique était au voisinage de G et que ce spectre se réduit à une bande étroite, ayant pour centre cette ligne G, lorsqu'il est évanouissant.

Cette propriété est des plus importantes au point de vue de l'achromatisme des objectifs destinés à la Photographie solaire. On sait que, pour ces images, la pose doit être extrêmement courte; on n'a donc, dans ce cas, à compter qu'avec des rayons extrêmement voisins, et l'achromatisme peut alors être obtenu avec une grande rigueur.

D'un autre côté, un dispositif du genre de celui qui a été adopté dans le photohéliographe de Kew peut permettre d'obtenir de suite,

et par projection, des images d'un grand diamètre, d'un diamètre assez grand pour que les dimensions des particularités à reproduire soient supérieures aux défauts possibles des couches de collodion, et une guillotine convenable donnera des temps de pose assez faibles pour qu'aucune partie de la Photographie ne soit surexposée, pour que l'action de la lumière sur les sels d'argent ne soit épuisée en aucun point. Dans ces conditions, la couche de collodion est douée d'une sensibilité extrême pour reproduire les plus légères différences d'éclat.

Grâce à toutes ces précautions minutieuses, en employant un objectif de 6 pouces, construit par M. Prazmowski, et une guillotine très légère à ouverture variable, placée au foyer principal, M. Janssen [1] est parvenu à obtenir, en 1877 et 1878, les splendides photographies du réseau photosphérique solaire que tous les astronomes connaissent aujourd'hui. La durée de pose a varié de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{6000}$ de seconde.

Ces photographies, dont la précision n'a point été dépassée, montrent les granulations solaires et leur disposition en réseau polygonal.

IV. — Photographie des étoiles.

Les premiers essais de Photographie des étoiles, couronnés de succès, remontent à 1850 et ont été faits par les procédés du daguerréotype. Le 17 juillet 1850, W.-C. Bond et Whipple, employant le grand équatorial de Cambridge (U. S.) obtinrent une image de α de la Lyre et puis de l'étoile double Castor; l'image de cette dernière était allongée. D'ailleurs le temps considérable pendant lequel il était nécessaire d'exposer la plaque à l'action de la lumière de l'étoile ne donnait pas l'espoir de pouvoir s'adresser à des objets plus faibles et, par suite de la longueur de la pose, les moindres irrégularités dans le mouvement d'horlogerie devenaient sensibles. Les expériences furent donc momentanément abandonnées; mais elles furent reprises en 1857 et cette fois donnèrent des résultats remarquables.

L'introduction du procédé au collodion, écrit G.-P. Bond en

[1] Janssen, *Notes sur la photographie solaire* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris,* 13 août, 29 octobre et 31 décembre 1877. — *Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1879).

juillet 1857 [1], et les progrès de l'art photographique ont donné à la question chimique un aspect plus favorable que celui qu'elle présentait en 1850. Un nouvel appareil d'horlogerie a été adapté à l'équatorial et son mouvement est maintenant admirable et ne laisse rien à désirer. « Les petites variations de réfraction en ascension droite, proportionnelles à la variation d'angle horaire, peuvent être corrigées, au moins pour de petites distances zénithales et pour des intervalles de temps de dix à douze minutes, par une modification convenable de la vitesse du mouvement. On ne saurait insister trop vivement sur l'importance qu'a le mouvement de la lunette en ce qui concerne la photographie d'étoiles plus faibles que la 2ᵉ ou la 3ᵉ grandeur. Avec des étoiles plus brillantes son importance est moindre. »

« Le 27 avril de cette année, nous avons obtenu des images de l'étoile double Mizar (ζ Grande Ourse) et d'Alcor (g Grande Ourse), qui est voisine, par une même exposition de dix-huit minutes, et par le procédé au collodion. Nous nous sommes depuis assurés que l'étoile principale donne une image bien nette en deux ou trois secondes seulement. Soumettant ces images à des mesures micrométriques, à l'aide d'un microscope, nous avons trouvé qu'il était possible de déterminer leur distance avec un degré d'exactitude inespéré. Une première inspection donne l'impression que le diamètre des images, surtout celui de l'étoile principale, doit avoir diminué la précision des mesures, mais ce n'est pas le cas, car elles sont symétriques.... Sans aucun doute la parfaite fixité des images sous le microscope contribue beaucoup à l'exactitude des observations et forme à ce point de vue un singulier contraste avec l'état perpétuel de tremblement et d'agitation d'une étoile vue directement dans une lunette. L'image photographique est une moyenne de toutes ces ondulations. »

La comparaison des mesures photographiques de G.-P. Bond avec les déterminations de Struve conduit aux résultats suivants :

	Mesures photographiques.	Mesures de Struve.
Distance	14″,49	14″,40
Angle de position	147°,50	147°,40

[1] G.-P. Bond, *Stellar Photography* (*Astronomische Nachrichten*, n° 1105, vol. XLVII, p. 1-6, juillet 1857).

L'erreur probable d'une distance photographique est $\pm 0'', 12$.

Le zéro des angles de position avait été obtenu en faisant sur la même plaque deux épreuves successives de l'étoile correspondant à des positions un peu différentes de l'instrument.

Dans la suite de sa Lettre aux rédacteurs des *Astronomische Nachrichten*, G.-P. Bond remarque que le diamètre du disque des étoiles augmente avec le temps, qu'il augmente avec l'éclat de l'étoile et peut être employé pour la mesure des grandeurs relatives de ces astres. Enfin l'astronome de Harvard College constate qu'il est parvenu à photographier les étoiles jusqu'à la 6e ou 7e grandeur. Plus tard, en 1858, ce même astronome (1) montra que la surface du disque qui forme l'image de l'étoile est proportionnelle au temps de pose.

Les travaux de Bond, que je viens de rappeler brièvement, montrèrent à tous l'importance de la voie nouvelle, et la plupart des astronomes conçurent dès cette époque la possibilité de construire photographiquement les Cartes des régions du ciel où les étoiles sont le plus nombreuses. C'est ainsi qu'en 1861 M. Warren de la Rue (2) écrivait les lignes suivantes, que l'on me permettra de reproduire :

« Je voudrais maintenant appeler votre attention sur un sujet nouveau, la reproduction photographique d'un groupe d'étoiles, par exemple de celles qui forment une constellation comme Orion, ou, en d'autres termes, sur la construction par la Photographie d'une Carte des étoiles. J'ai déjà fait plusieurs essais dans cette direction et obtenu des résultats satisfaisants : je pense que j'ai, au moins, un procédé qui doit rendre aisée la mise en pratique de cette méthode de construction des Cartes célestes. L'instrument le plus propre à cet objet est un objectif photographique de court foyer par rapport à son ouverture (la distance focale étant choisie de manière à obtenir une Carte à l'échelle désirée), monté avec sa chambre obscure, sur une lunette équatoriale pourvue d'un mouvement d'horlogerie.

---

(1) G.-P. Bond, *Stellar Photography* (*Astronomische Nachrichten*, n° 1158, vol. XLIX, juillet 1858).

(2) Warren de la Rue, *Report on the Progress of Celestial Photography since the Aberdeen meeting* (*Report of the British Association, held at Manchester in september* 1861).

» Les étoiles fixes se reproduisent avec une grande rapidité sur une lame collodionnée; je n'ai éprouvé aucune difficulté à obtenir des photographies des Pléiades par une exposition modérée au foyer de mon télescope; elles seraient reproduites plus rapidement encore avec un objectif à portrait. La difficulté pour faire des Cartes d'étoiles n'est pas de fixer leurs images, mais de trouver ces images lorsqu'elles ont été formées; elles ne sont pas, en effet, plus grosses que les grains que l'on rencontre dans les meilleurs collodions. »

Et pour lever cette difficulté, qui est réelle, M. W. de la Rue propose de ne pas placer la plaque sensible exactement au foyer de l'instrument de manière à obtenir des images des étoiles qui soient de petits disques.

Ces premiers résultats aurait dû encourager M. W. de la Rue à continuer ses travaux de photographie stellaire; cependant il semble les avoir abandonnés peu de temps après sa lecture à l'Association britannique, ou, du moins, il n'a plus rien publié à ce sujet. C'est alors, en Amérique, qu'il convient de chercher la suite des travaux sur la photographie des étoiles et c'est à M. Rutherfurd qu'ils sont dus.

A la fin de 1864, dès qu'il eut terminé son objectif photographique de 28^{cm},5 de diamètre, le savant et ingénieux physicien l'employa à la photographie de la Lune, des planètes et des étoiles. « J'ai, dit-il (1), obtenu des images d'étoiles cataloguées par Smyth comme des 8e ou des 9e. Dans l'amas de Præsepe et dans un espace de 1° carré, j'ai, en trois minutes, fixé les images de vingt-trois étoiles de 9e grandeur : une exposition d'une seconde donne une forte image de Castor et le petit compagnon est déjà visible après une exposition d'une demi-seconde; avec un objectif de même diamètre, achromatique pour les rayons lumineux, le même résultat ne peut être obtenu qu'après dix secondes. »

Parmi les régions du ciel reproduites par M. Rutherfurd, il faut citer, outre l'amas de Præsepe, la constellation des Pléiades obtenue dans l'hiver de 1865-1866.

Pour faciliter les mesures des plaques, ce savant américain a fait

---

(1) L. Rutherfurd, *On astronomical Photography* (*American Journal of Science*, vol. XXXIX; mai 1865).

construire un micromètre spécial, de grande dimension, qui depuis a été adopté par les astronomes de Washington pour les déterminations à faire sur les photographies du passage de Vénus. La plaque photographique est fixée sur un cercle divisé horizontal et éclairée par-dessous. Au-dessus est un système de deux rails fixes, sur lesquels peut glisser un chariot, qui porte deux microscopes grossissant 50 fois : l'un, au centre, vise sur la photographie et possède simplement deux fils croisés; l'autre, muni d'un micromètre à fils, permet de pointer sur une règle divisée, en verre, attachée à poste fixe à côté des rails. Pour mesurer l'angle de position et la distance de deux étoiles, on dispose la photographie de manière que la ligne qui les joint coïncide avec la ligne que décrit le point de croisement des fils du premier microscope quand on fait glisser le chariot sur les rails; on amène alors le microscope successivement sur les deux étoiles, et avec le second on lit sur l'échelle fixe les divisions entières correspondantes, tandis que les fractions de division s'évaluent au micromètre qui termine ce second microscope. La différence des lectures donne la distance des deux étoiles dont l'angle de position est lu sur un cercle divisé. Ce micromètre est décrit et figuré dans l'Encyclopédie d'Appleton.

Les mesures des Pléiades ayant été mises en 1866 à la disposition de M. Gould, cet astronome en déduisit les distances et les angles de position des principales étoiles et les compara avec les positions résultant des anciennes mesures de Bessel. L'accord fut trouvé très satisfaisant ([1]), quoique les mesures n'eussent porté que sur deux épreuves obtenues en quatre minutes de pose.

En 1870, M. B.-A. Gould a fait un travail analogue sur Præsepe, mais les résultats n'en sont point encore publiés.

L'accord entre les diverses mesures individuelles des différentes plaques a d'ailleurs démontré à MM. Rutherfurd et Gould qu'avec des précautions convenables le collodion était assez adhérent à a plaque de verre pour ne subir, pendant les opérations chimiques du développement, aucun déplacement sensible et que de ce côté il n'y avait que de très faibles erreurs à craindre, erreurs de même ordre que celles des observations directes; d'un autre côté, en

---

([1]) B.-A. Gould, *Lettre aux éditeurs des* Astronomische Nachrichten (*Astronomische Nachrichten*, n° 1620, vol. LXVIII, p. 183; décembre 1866).

reproduisant sur la même plaque, après un très petit déplacement de l'instrument, deux images de la même région du ciel, la distinction entre les taches du collodion et les images des étoiles est facile.

Les travaux de M. L. Rutherfurd avaient donc, vers 1865, résolu d'une manière complète le problème de la photographie stellaire et il pouvait écrire, dans le numéro déjà cité de l'*American Journal of Science :* « La possibilité d'obtenir les images des étoiles de 9e grandeur avec un objectif de $28^{cm},5$ d'ouverture fait espérer le développement et l'accroissement des applications de la Photographie à la construction d'une Carte du ciel, et, en quelque mesure, la réalisation d'un espoir que j'ai eu si longtemps, mais que je n'ai pu réaliser. Il ne sera pas difficile de disposer une chambre noire capable de renfermer des plaques assez grandes pour obtenir d'un seul coup une Carte de 2° carrés ; et, avec des objectifs à large ouverture, nous devons espérer qu'on obtiendra les images d'étoiles plus faibles que celles que j'ai pu photographier. Il est aussi très probable que la Chimie photographique sera grandement développée, et des méthodes bien plus sensibles trouvées. »

C'est le défaut de sensibilité des procédés au collodion humide qui a seul arrêté M. L. Rutherfurd dans ses recherches, et qui l'a conduit à s'occuper depuis de travaux d'Optique d'un ordre tout différent (1).

Les difficultés qui avaient découragé M. Rutherfurd ne semblèrent pas impossibles à surmonter à M. Gould et, en partant, en 1870, pour l'observatoire de Cordoba, il emportait avec lui l'objectif de $28^{cm},5$ d'ouverture qui avait servi au savant professeur américain, pour les recherches que nous venons d'analyser. Très malheureusement le flint fut brisé en deux parties égales, pendant le transport, et les aides-photographes engagés par le Gouvernement argentin ne restèrent que peu de mois à Cordoba. Enfin en 1873, un nouveau flint fut construit par Fitz, et les travaux commencèrent en 1875 (2).

Grâce au ciel de la République argentine, qui est parfois d'une

---

(1) En 1883, M. Rutherfurd a donné tous ses instruments au collège de Columbia ; ils sont depuis inutilisés.

(2) B.-A. Gould, *Celestial Photography* (*Observatory*, vol. II, p. 13-19).

transparence admirable, M. Gould et ses aides ont pu obtenir, en quelques années, 1350 photographies reproduisant tous les amas ou groupes stellaires importants de l'hémisphère austral, en particulier ceux qui sont invisibles en Europe; un grand nombre d'étoiles doubles et enfin une série nombreuse de photographies du voisinage d'étoiles que leur grand mouvement propre fait soupçonner avoir une parallaxe annuelle sensible.

Les épreuves des premières années sont au collodion humide, celles des dernières aux plaques sèches au gélatinobromure d'argent, dont la grande sensibilité a beaucoup facilité le travail (1).

Pendant que M. B.-A. Gould appliquait à Cordoba les procédés photographiques de M. Rutherfurd, M. H. Draper continuait à New-York et à Hastings les travaux qu'il avait commencés par la photographie de la Lune et du spectre solaire et obtenait des photographies de spectres d'étoiles dont nous aurons à parler longuement, dans une autre section de cette histoire. Bientôt cependant, ayant reconnu la sensibilité extrême des plaques au gélatinobromure d'argent préparées par Wratten et Wainwright, et la possibilité d'arriver facilement avec ces plaques à des expositions d'une durée assez longue pour pouvoir les impressionner par les objets célestes les plus faibles, il pensa à obtenir des images photographiques de celles des nébuleuses que la dissymétrie de leur forme peut faire croire encore éloignées d'un équilibre stable, et dans lesquelles il n'est pas impossible de trouver des mouvements. C'est la nébuleuse d'Orion, déjà bien souvent dessinée, qu'il choisit comme objet de ses études.

Après quelques essais, il obtint, le 30 septembre 1880, une photographie de cette nébuleuse, qui fut présentée à la Société astronomique de Londres en janvier 1881. L'instrument employé avait été un équatorial dont l'objectif, achromatique pour les rayons chimiques, avait été construit par Alvan Clark et avait un diamètre de 28^{cm}. La durée de l'exposition avait été de cinquante et une minutes. Cette photographie comprenait la partie la plus brillante de la nébuleuse, celle qui est voisine du Trapèze. En mars 1881, plusieurs autres épreuves de cette même nébuleuse furent faites avec une exposition de cent quatre minutes; supérieures aux pré-

---

(1) Ces derniers détails sont empruntés à une lettre particulière de M. Gould.

cédentes, elles renfermaient des étoiles de la 14e grandeur de l'échelle de Pogson. Une de ces épreuves fut présentée à l'Académie des Sciences de Paris le 18 avril 1881.

Enfin, en mars 1882, à l'aide du même instrument et avec une pose de cent trente-sept minutes, Draper obtenait une dernière photographie, donnant à la nébuleuse une étendue plus grande que dans celles des années précédentes, et dont une reproduction a été ajoutée par M. Holden à son importante monographie de la nébuleuse d'Orion.

Dans cette photographie, dit le savant professeur (¹), les étoiles brillantes sont très surexposées, puisque une image des étoiles du Trapèze peut être obtenue en deux minutes; les ondulations de ces étoiles sont donc reproduites sur la plaque, et le diamètre de leurs images se trouve beaucoup augmenté. Si une photographie pouvait être faite par un temps calme, les étoiles du Trapèze seraient certainement bien séparées. Draper ajoute d'ailleurs que, en comparant cette photographie avec les dessins bien connus de lord Rosse, Bond, Struve, Lassel, Secchi, on peut constater qu'elle renferme toutes les étoiles dont l'existence est bien certaine, et les branches les plus faibles de la nébuleuse.

Lorsque la mort a enlevé H. Draper (20 novembre 1883), il se proposait de modifier la monture de son équatorial, de manière à pouvoir arriver à des durées de pose de près de six heures, et à photographier cette fois des étoiles absolument invisibles à l'œil.

A partir de 1882, le nombre des astronomes occupés de photographie stellaire augmente rapidement; les recherches deviennent simultanées, et une chronologie exacte n'est plus possible à établir. Je dois donc me borner à signaler les principaux de ces travaux, en particulier ceux de M. Common, de la Société astronomique de Liverpool, de M. Gill et enfin des frères Henry.

Les premiers essais photographiques de M. A.-A. Common remontent à 1879. A cette époque il employait déjà à Ealing son télescope à miroir argenté de 20^{cm} de diamètre à la photographie des Pléiades et des planètes Jupiter et Saturne; mais les essais furent bientôt interrompus et ils n'ont été activement repris

---

(¹) H. Draper, *On Photographs of the Nebula in Orion, and of its spectrum* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLII, 1882)

qu'à partir de 1880, lorsqu'il fut entré en possession du miroir de $0^m,90$ que M. Calver avait construit pour lui en 1879.

La plus belle photographie obtenue avec cet instrument par M. Common est incontestablement celle de la nébuleuse d'Orion, faite le 30 janvier 1882 avec une durée de pose de trente-sept minutes [1]. Cette photographie, dans laquelle la partie centrale est un peu surexposée à cause du grand éclat de cette région de la nébuleuse, montre les plus faibles portions de l'astre, celles qui n'ont guère été dessinées que par lord Rosse ou par Bond, et quelques étoiles qui avaient échappé aux observateurs précédents.

En même temps M. A.-A. Common s'occupait de la construction photographique des Cartes célestes. Pour cela, il avait fixé sur le tube de son grand télescope une chambre noire pourvue d'un objectif de $0^m,10$ d'ouverture qui lui permit d'obtenir, en vingt minutes, une image de l'ensemble de la constellation d'Orion, avec le plus grand nombre des étoiles de 9e grandeur qu'elle renferme et avec la reproduction des portions les plus brillantes de la nébuleuse. Le champ de cet objectif était de 10° environ; mais les images n'étaient réellement belles et sans déformation sensible que sur une étendue moitié moindre; avec un objectif un peu plus large, d'une ouverture de 102^{mm}, il photographia à la même époque la constellation des Pléiades. De l'ensemble de ces essais M. A.-A. Common [2] conclut que « les objectifs sont les instruments les plus convenables pour la construction d'une Carte céleste et que les grands réflecteurs ne doivent être employés que pour la photographie à grande échelle d'objets intéressants comme les nébuleuses et les amas d'étoiles ». Dans une seconde Note qui suit immédiatement celle que je viens de citer, il ajoute que, pour les longues poses et avec les petits instruments, on obtiendra toujours une immobilité suffisante de l'image sur la plaque en suivant une étoile dans le chercheur et en corrigeant ses déplacements apparents par l'action de la main sur les mouvements de rappel en ascension droite ou en déclinaison.

---

(1) A.-A. Common, *Note on a Photograph of the great Nebula in Orion and some new Stars near θ Orionis* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLIII, p. 255; mars 1883).

(2) A.-A. Common, *Note on stellar Photography* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLV, p. 22; novembre 1884).

Depuis 1885, A.-A. Common s'occupe de la construction d'un télescope ayant un miroir de $1^{m},52$ de diamètre.

Pendant que M. Common obtenait à Ealing la photographie de la nébuleuse d'Orion, un des membres les plus actifs de la Société astronomique de Liverpool, M. Isaac Roberts, employait son énergie à la recherche des procédés les plus propres à la construction photographique d'une Carte céleste et commençait cette Carte par la portion du ciel voisine du pôle nord.

Les premiers essais de M. I. Roberts (1) remontent à 1883 et ont d'abord porté sur des objectifs de divers constructeurs anglais ou français, d'un diamètre inférieur à 15^{cm}. Ces objectifs étaient comparés entre eux en attachant les chambres photographiques sur lesquelles ils étaient montés au tube d'un équatorial de 18^{cm}, qu'il possédait depuis quelques années déjà dans son observatoire de Maghull.

Le résultat de ces expériences, le succès obtenu dans la photographie des étoiles, la comparaison des épreuves obtenues à Liverpool avec la photographie de la nébuleuse d'Orion de M. Common, décidèrent M. Roberts à commander à Grubb un télescope à miroir argenté de 50^{cm} d'ouverture et de $2^{m},54$ de distance focale. En mars 1885, ce télescope fut monté sur l'axe de déclinaison de l'équatorial de 7 pouces (18^{cm}), de manière à faire contrepoids à la lunette de ce dernier. Avec cette disposition, imitée de celle adoptée par M. Huggins en 1883, les deux instruments ont le même mouvement en ascension droite et des mouvements indépendants en déclinaison; l'un peut servir de chercheur à l'autre et, s'il s'agit de s'assurer de la régularité du moteur, ce dernier sera avec avantage dirigé vers une étoile équatoriale.

Le télescope est disposé pour recevoir en son foyer des plaques photographiques et son champ est de 2° carrés environ.

Avec cet instrument M. Roberts obtient, en quinze minutes et par un ciel clair, les images des faibles étoiles; mais l'intensité de ces images est essentiellement variable avec la sensibilité des plaques, le degré de transparence actinique de l'atmosphère, l'énergie des substances employées au développement de l'épreuve.

---

(1) I. Roberts, *Photographic Maps of the Stars* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLVI, p. 99; janvier 1886).

Parfois le compagnon de la Polaire a été obtenu en quatre secondes, tandis que dans d'autres circonstances son image n'a pas été fixée en une minute; on ne saurait donc, dit-il, apprécier par une seule épreuve la grandeur d'une étoile.

Les Cartes de la région polaire, construites par M. Roberts, sont à une échelle double de celles d'Argelander et, après une exposition de quinze minutes, elles contiennent un beaucoup plus grand nombre d'étoiles que l'*Atlas des Nördlichen Gestirnten Himmels*. Chaque Carte résulte d'une seule pose sur la même plaque : le savant amateur trouve en effet que, pour pouvoir profiter des nuits où le ciel n'est pas constamment découvert, il ne faut pas prolonger outre mesure la durée de la pose et que la formation de plusieurs images de la même constellation sur la même plaque n'est pas indispensable à la distinction de ce qui est l'image d'une étoile réelle ou une tache de la plaque au gélatinobromure.

M. Roberts ([1]) admet d'ailleurs parfaitement que, dans quelques cas exceptionnels, comme pour la photographie d'un amas d'étoiles ou d'une nébuleuse et par des temps exceptionnels, on puisse avoir recours aux poses très prolongées; il a par exemple employé, le 29 décembre 1886, une pose de trois heures pour obtenir une photographie des Pléiades qui montre que les plus belles étoiles du groupe sont enveloppées ou se projettent sur une nébulosité. C'est également avec une heure de pose qu'il a obtenu une photographie de la nébuleuse d'Orion encore plus étendue que celle de M. Common.

D'autres travaux de Photographie astronomique ont encore été faits sous l'inspiration directe de la Société astronomique de Liverpool; ce sont ceux de M. T.-E. Espin ([2]). L'instrument mis à sa disposition par la Société est un équatorial de Grubb ayant un objectif de 23^{cm} d'ouverture et une distance focale de $4^{m},85$; avec cet instrument M. Espin a fait de nombreuses photographies d'étoiles, en particulier de la constellation de la Lyre, qui ont donné

([1]) I. Roberts, *Photographs of Nebulæ in Orion and in the Pleiades* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLVII, p. 89; janvier 1887).

([2]) T.-E. Espin, *Stellar Photography* (*Observatory*, vol. VII, p. 247; septembre 1884.) — *Actinic Magnitudes of the Stars* (*Proceedings of the Liverpool astronomical Society*, 12 novembre 1883).

des exemples multiples de l'interversion des grandeurs relatives d'étoiles par la Photographie.

Au nombre des astronomes qui s'occupent actuellement de la photographie des étoiles au point de vue de la formation d'une Carte du ciel ou de la mesure de leur grandeur relative, il faut encore compter M. E.-C. Pickering, d'Harvard College. Ses travaux ont commencé en 1882 avec une lentille photographique de 18^{cm} d'ouverture et de $0^{m},94$ de distance focale, montée sur une chambre photographique qui fut attachée à la lunette du grand équatorial de Bond. Avec cet instrument d'essai, qui embrassait un champ de près de 15° carrés, il put obtenir en quinze minutes les images des étoiles de 8e grandeur; par une exposition un peu plus longue il aurait sans aucun doute obtenu la trace d'étoiles un peu plus faibles et obtenu une Carte comparable aux Cartes d'Argelander.

Quoi qu'il en soit, ces essais parurent assez encourageants pour déterminer la construction d'un équatorial photographique spécial.

L'appareil se compose d'un objectif photographique d'Alvan Clark, ayant 20^{cm} d'ouverture et $1^{m},15$ de distance focale, monté à l'extrémité d'un tube en laiton qui porte à sa partie inférieure le châssis photographique. La lunette est tout entière portée à l'extrémité d'un axe en acier, ouvert en forme de U et qui tourne sur deux coussinets orientés de manière à donner à cet axe la direction de la ligne des pôles; c'est une forme d'équatorial assez semblable à celle que Scheiner employait pour ses observations de taches solaires. Un mouvement d'horlogerie est adapté à la lunette, à laquelle on peut ainsi faire suivre le mouvement diurne [1] et que la disposition de sa monture permet de diriger vers toutes les régions du ciel sans que l'on soit jamais gêné par le pied de l'instrument : c'est un avantage sur les montures équatoriales de forme allemande ou anglaise.

Cet équatorial est destiné par M. E.-C. Pickering à la construction rapide de Cartes célestes analogues aux Cartes de Chacornac et de Peters, qui paraissent suffisamment complètes pour les usages ordinaires. La surface de ces Cartes embrasse un espace de 5° carrés

---

[1] E.-C. Pickering, *An investigation in stellar Photography conducted at the Harvard Observatory* (*Memoirs of the American Academy*, vol. XI, 1886).

et leur échelle est de 6^{cm} pour 1°, soit trois fois l'échelle des Cartes d'Argelander. Pour obtenir des photographies à la même grandeur, il faudrait des objectifs de $3^{m},44$ de distance focale. Les épreuves de Harvard College, dont l'objectif a une distance focale égale au tiers de la précédente, devront donc être agrandies trois fois. L'auteur pense d'ailleurs que les déformations produites par son objectif sont insensibles et qu'il suffira de durées de pose d'une heure pour obtenir, dans un champ de 5°, toutes les étoiles qu'il est utile de photographier.

La construction d'une Carte générale du ciel serait donc très rapide si les propositions de M. E.-C. Pickering étaient adoptées.

La nécessité d'avoir pour le ciel austral une série de Cartes analogues à celles qui ont été construites par Argelander pour l'hémisphère Nord avait été depuis plusieurs années reconnue par les astronomes qui se sont succédé au Cap de Bonne-Espérance; mais le travail n'avait point encore été commencé lorsque M. Stone fut remplacé par M. Gill. Ce dernier, très frappé de ce que les photographies de la comète de 1882, faites sous sa direction, reproduisaient un grand nombre d'étoiles faibles, décida que la Carte du ciel austral serait faite par la Photographie.

L'instrument photographique employé au Cap depuis le mois de juin 1885 se compose d'un objectif de Dallmeyer de 152^{mm} d'ouverture, formé de deux lentilles concavo-convexes. Cet objectif est monté sur un tube quadrangulaire en bois, qui est lui-même porté par le pied d'un équatorial muni d'un mouvement d'horlogerie. Le chercheur à l'aide duquel les irrégularités du moteur peuvent être suivies et corrigées à la main est une lunette de 76^{mm} d'ouverture et de $1^{m},14$ de foyer. Chaque plaque photographique couvre un carré de 6° de côté et, au bout d'une heure d'exposition, elles conservent l'impression des étoiles de 9e ou 10e grandeur; elles donnent donc une Carte en tout semblable à celles de l'Atlas de la *Durchmusterung*.

Le travail photographique est très activement poursuivi au Cap et, à la fin de 1886, le levé de toute la portion du ciel comprise entre 57° et 90° de déclinaison australe était déjà presque terminé.

L'œuvre cartographique du Dr Gill est appelée à rendre les plus grands services aux astronomes qui ont à choisir des étoiles de comparaison dans le ciel austral; mais le savant astronome sait

fort bien que ses Cartes auront rapidement besoin d'être complétées et déjà il s'est procuré dans ce but un objectif photographique de Nasmyth de 23^{cm} d'ouverture et de $2^{m},74$ de foyer. Avec cet instrument, dont M. H. Grubb prépare la monture, le champ ne sera plus que de 1° ou $1^{\circ},5$, mais les étoiles seront facilement photographiées jusqu'à la 12e ou la 13e grandeur.

C'est aussi l'impossibilité de construire par les anciens procédés, à moins d'un travail énorme, peut-être hors de proportion avec l'importance du but à atteindre, la portion des Cartes écliptiques de l'Atlas de l'Observatoire de Paris qui se rapporte à la Voie lactée, qui a conduit MM. Paul et Prosper Henry à s'occuper de Photographie céleste ; leurs travaux antérieurs sur la taille des miroirs et des objectifs de grande dimension, taille dans laquelle ils ont obtenu des succès qui les placent au premier rang des opticiens les plus célèbres, les avaient d'ailleurs admirablement préparés à résoudre, par leurs propres ressources et par les aptitudes particulières que chacun d'eux apporte à leur association, les diverses difficultés qui devaient successivement se présenter à eux; ils commencèrent donc par construire, à titre d'essai, un premier objectif, achromatisé pour les rayons chimiques, de 16^{cm} d'ouverture et de $2^{m},10$ de distance focale ([1]). Cet objectif, placé sur une chambre photographique en bois, qui était elle-même fixée sur le tube de l'un des petits équatoriaux de l'observatoire de Paris et projetant les images des étoiles sur une plaque au gélatinobromure d'argent, donna par une exposition de quarante-cinq minutes les images des étoiles de 12e grandeur. Les images étaient d'une grande précision, et les étoiles doubles distantes de $1'',8$ bien séparées. La lunette équatoriale employée en guise de chercheur avait permis de corriger à la main les petites irrégularités du mouvement d'horlogerie et les variations de distance polaire dues à la réfraction.

Ces premier essais étaient fort encourageants et M. le directeur de l'observatoire de Paris n'hésita pas à ordonner la construction d'un appareil photographique définitif ayant un objectif de 34^{cm} d'ouverture, et une monture spéciale adaptée au but que l'on voulait poursuivre.

([1]) Mouchez, *Essais de photographie d'étoiles, pour la construction des Cartes du ciel,* par MM. Paul et Prosper Henry (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris,* 18 août 1884).

Le nouvel instrument, dont les plans et la construction sont entièrement dus à M. Ph. Gautier, a été monté en mai 1885; il consiste dans un tube métallique ([1]), à section rectangulaire (de $0^m,37$ sur $0^m,68$), contenant simultanément et parallèlement la lunette photographique de $0^m,34$ d'ouverture et $3^m,43$ de distance focale et la lunette chercheur ou pointeur de $0^m,24$ d'ouverture et de $3^m,60$ de distance focale; une mince cloison métallique sépare les deux lunettes. L'ensemble de la monture équatoriale est de la forme dite anglaise, ce qui permet de suivre un astre quelconque depuis son lever jusqu'à son coucher, sans être obligé de renverser l'instrument au moment du passage au méridien. L'instrument est pourvu d'un mouvement d'horlogerie et de toutes les vis de rappel nécessaires pour maintenir la coïncidence d'une étoile et de la croisée des fils du chercheur.

Quoique la distance focale de l'objectif ne soit que 10 fois son ouverture, il ne paraît pas cependant donner de déformations bien sensibles dans un champ de 3° carrés.

Avec cet instrument les frères Henry ont obtenu l'image des étoiles de 6e grandeur en une demi-seconde, de celles de 10e grandeur en une à deux minutes, de celles de 15e grandeur en trente minutes et enfin de celles de 16e grandeur en une heure trente minutes. Des étoiles aussi faibles sont un peu au delà de la limite de ce qu'une lentille de même ouverture permettrait d'apercevoir à l'œil.

Les frères Henry sont dans l'usage de répéter trois fois la pose sur le même cliché en déplaçant chaque fois la lunette d'une petite quantité, de manière que les trois positions successives de l'étoile forment un petit triangle équilatéral de $3''$ à $4''$ d'arc de côté. A cette méthode d'opérer, qui exige un temps assez long de ciel pur, ils trouvent l'avantage d'une distinction facile entre les points noirs qui sont l'image d'une étoile vraie et les taches qui résultent de la préparation du gélatinobromure ou d'un accident dans le développement. Par la superposition incomplète de trois images, on trouve aussi l'avantage d'augmenter légèrement le diamètre de l'impression produite par les étoiles faibles, impression qui est sans cela trop petite pour être visible autrement qu'au microscope.

([1]) Mouchez, *Carte photographique du ciel à l'aide des nouveaux objectifs de MM. Paul et Prosper Henry* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 11 mai 1885.)

Pour mesurer leurs clichés, MM. Paul et Prosper Henry emploient un micromètre spécial, *macro-micromètre,* dont les dispositions et la construction sont dues à M. Ph. Gautier. L'appareil se compose essentiellement d'un chariot, analogue à celui d'une machine à diviser, mobile à l'aide d'une vis micrométrique, et d'un microscope à micromètre placé au-dessus, qui peut glisser sur une coulisse perpendiculaire à la direction du premier mouvement. Le chariot est lui-même percé en son centre d'une ouverture sur laquelle se place l'épreuve, qui peut être éclairée en dessous grâce à l'existence d'un miroir incliné qui réfléchit la lumière d'une lampe. Avec ces dispositions le macro-micromètre permet d'explorer une plaque par zones successives et de mesurer les coordonnées rectangulaires de chaque étoile.

Afin de rendre l'instrument propre à la détermination de l'angle de position des étoiles doubles, le porte-plaque du chariot est formé d'une couronne mobile dentée sur toute sa circonférence. Un mouvement de rotation peut donc lui être communiqué par deux vis sans fin égales, à têtes divisées, commandées par une roue commune et qui agissent aux deux extrémités d'un diamètre.

Depuis l'installation complète de leur appareil, en mai 1885, les frères Henry ont déjà photographié un grand nombre de planètes, Jupiter, Saturne, etc., et surtout un grand nombre d'amas d'étoiles ([1]). La plus remarquable de ces épreuves est celle de la constellation des Pléiades, obtenue par une pose de trois heures; elle reproduit un grand nombre d'étoiles de 15e ou 16e grandeur, qui toutes ne peuvent pas être vues dans un équatorial de 38^{cm} d'ouverture, et a prouvé l'existence autour de Maïa d'une nébuleuse qui n'était pas encore soupçonnée.

Cette découverte importante, le fait qu'on ne peut voir à l'œil toutes les étoiles photographiées dans les Pléiades, tandis que quelques étoiles de même grandeur ont échappé au gélatinobromure d'argent, montre d'ailleurs que la photographie des étoiles nous donnera, ainsi que bien des observateurs l'avaient déjà

([1]) E. Mouchez, *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris* (*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1887).

La Notice de l'amiral Mouchez renferme une histoire complète et détaillée des recherches photographiques faites à Paris.

remarqué, un ciel un peu différent, par l'éclat relatif de ses astres, de celui que les astronomes sont habitués à considérer. Il est bien évident en effet qu'une étoile dont le spectre se composera en majeure partie de rayons violets ou ultra-violets sera obtenue très facilement par la Photographie, tandis qu'une étoile rouge, bien visible à l'œil, passera presque inaperçue. Cette question de la couleur des étoiles est celle qui créera la plus grande difficulté à la mesure de leur éclat déduit de l'intensité ou du diamètre des images chimiques.

L'état du ciel, son degré d'humidité, la sensibilité de la plaque viendront d'ailleurs compliquer encore le phénomène.

La relation entre le diamètre des disques produits par les étoiles et leur grandeur photométrique est assez complexe. D'après des expériences nombreuses faites à Oxford par M. C. Pritchard (1), à l'aide du télescope de 33^{cm} ayant autrefois appartenu à M. W. de la Rue, la formule qui exprimerait le mieux les résultats de ses mesures serait

$$D - D' = \delta(\log M - \log M');$$

D et D' sont les diamètres des disques produits par des étoiles dont les grandeurs sont M et M'.

Avec une même étoile, et suivant le même auteur, la surface des disques produits varierait comme la racine carrée du temps de pose. En 1858, Bond avait trouvé que ces surfaces étaient proportionnelles au temps de pose.

L'ensemble des travaux que je viens d'analyser prouve cependant que la Photographie est un moyen de recherche que les astronomes ne doivent plus négliger et dont ils peuvent attendre de merveilleuses découvertes, soit pour la formation de la Carte du ciel, soit pour la mesure des étoiles doubles, soit aussi pour la mesure des parallaxes.

A la formation des Cartes sont destinés les objectifs qui peuvent, par des courbures analogues à celles des objectifs des lunettes méridiennes, donner des images bonnes et satisfaisantes sur un champ considérable; à l'étude des nébuleuses, des amas d'étoiles de peu d'étendue, conviennent surtout les télescopes qui offrent

(1) C. Pritchard, *Researches in stellar Photography* (*Proceedings of the R. Society*, vol. XL, p. 449-450, 20 mai 1886).

l'avantage d'avoir un achromatisme chimique absolu, de donner une image des étoiles presque réduite à un point, mais qui, en revanche, ne conservent leur pouvoir optique que sur un champ très restreint.

V. — Photographie des comètes.

La photographie des comètes et celle de leurs spectres présentent quelques difficultés particulières tenant au mouvement apparent rapide de ces astres lorsqu'ils sont brillants et, par suite, voisins de leur périhélie; aussi le nombre des comètes photographiées avec quelque précision est-il peu considérable encore. Et cependant, il semble que, si l'on pouvait avoir de ces astres des représentations meilleures que les dessins qu'il est possible d'en faire, on arriverait peut-être à quelques notions précises sur le mode de formation de leur chevelure.

C'est à la comète de Donati (1858) que la Photographie a été pour la première fois appliquée. M. W. de la Rue essaya, sans succès, d'en obtenir le portrait à l'aide de son télescope de 10 pieds de foyer; mais M. Usherwood, photographe de Walton Common, parvint à produire, en sept secondes, un bon négatif de l'ensemble de l'astre [1]. Il avait fait usage d'une lentille à portrait de court foyer.

Trois ans après, M. W. de la Rue échouait encore dans sa tentative pour photographier la comète de 1861.

Avec la grande comète de juin 1881, les astronomes ont été plus heureux, et l'astre, ou son spectre, a été photographié par MM. Draper, Common, Huggins et Janssen.

Les épreuves de H. Draper [2], obtenues avec une pose de $2^h 42^m$, reproduisent le noyau, ainsi que la nébulosité voisine, et la chevelure sur une longueur de 10° environ. En même temps, ce physicien constatait, à l'aide de plaques exposées pendant 180, 196 et 228 minutes, que le spectre chimique du noyau était formé d'un spectre continu et de trois bandes brillantes, la première près de H, la seconde entre G et h, la troisième entre h et H.

---

(1) *Monthly Notices of the Astronomical Society,* vol. XIX, p. 138; 1859.

(2) H. Draper, *Observatory,* t. IV (1881), p. 239 et 252.

La photographie donnée à M. A.-A. Common (¹) par son télescope de 91^{cm} de diamètre, et avec une pose de vingt minutes, montre le noyau, les panaches qui s'en détachent en avant et une portion de la chevelure. Les opérations ont été très gênées par le mouvement rapide de l'astre en déclinaison.

Quant à M. Huggins (²), il n'a cherché qu'à photographier le spectre de la comète et, avec une heure d'exposition, il a réussi à obtenir la trace du spectre continu (sillonné de quelques lignes noires) donné par le noyau et de deux lignes brillantes dues aux enveloppes gazeuses de l'astre.

A l'observatoire de Meudon, M. Janssen (³) a employé à la photographie de cette comète un télescope de 50^{cm} d'ouverture avec $1^{m},60$ de distance focale, qui donne aux images une intensité lumineuse plus que quadruple de celle que l'on obtient dans les plus grandes lunettes équatoriales. D'autre part, le mouvement du télescope en ascension droite avait été réglé sur le mouvement diurne de la comète et le mouvement en déclinaison était compensé par un changement progressif convenable de la distance polaire du télescope.

Une série d'épreuves obtenues dans les nuits du 30 juin et du 1er juillet ont permis de faire de la comète un dessin très exact et très fidèle qui a été reproduit par photoglyptie dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'année 1882.

La grande comète de septembre 1882 a été photographiée avec un complet succès au Cap de Bonne-Espérance sous la direction de M. Gill (⁴). L'appareil employé a été un objectif photographique à portrait de 63^{mm} d'ouverture et de 28^{cm} de foyer, monté sur une chambre noire ordinaire, qui était elle-même fixée sur le tube d'un équatorial. La durée de la pose a varié de vingt minutes à deux heures et les épreuves montrent les enveloppes du noyau et une partie de la chevelure.

La photographie des grandes comètes, de leur noyau et d'une

(¹) Common, *Observatory*, t. IV (1881), p. 232.

(²) Huggins, *Observatory*, t. IV (1881), p. 233.

(³) Janssen, *Note sur la photographie de la comète b* 1881, *obtenue à l'observatoire de Meudon* (*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1882).

(⁴) D. Gill, *On Photographs of the Great Comet b* 1882 (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLIII, p. 53, december 1882).

portion de leur chevelure est donc maintenant une chose facile, et aucun de ces astres ne se montrera plus sur l'horizon sans que son portrait ne soit fait dans plusieurs observatoires.

VI. — Photographie du spectre des étoiles.

La photographie du spectre des étoiles et des lignes noires de ces spectres paraît avoir été réalisée à peu près simultanément par H. Draper et par M. W. Huggins. Les premiers résultats, imparfaits toutefois, ont cependant été obtenus en Amérique et les recherches du savant professeur de New-York doivent alors être analysées les premières.

Les travaux de H. Draper [1] sur la photographie du spectre des étoiles et des planètes ont commencé en 1871 et, dès le mois de mai 1872, il obtenait la photographie du spectre de α Lyre à l'aide de son grand télescope de 72^{cm} de diamètre et en plaçant un prisme de quartz sur le trajet des rayons lumineux un peu en avant du foyer principal de l'instrument. Les premiers négatifs ne montraient cependant aucune des lignes noires du spectre de l'étoile; mais, dès le mois d'août de la même année, après quelques modifications dans la disposition du prisme, il obtenait pour la même étoile un spectre indiquant quatre lignes obscures dont la moins réfrangible était au voisinage de G.

Ce résultat remarquable était des plus importants et de nature à encourager Draper à persévérer dans la voie nouvelle qu'il avait ouverte; mais il dut, en 1873 et 1874, présider à la construction des instruments que les astronomes américains devaient employer à la photographie du passage de Vénus et à l'instruction des futurs observateurs. Ses recherches se sont donc trouvées interrompues pendant près de deux ans; elles n'ont réellement recommencé qu'en 1875 et 1876.

Dans l'intervalle il avait obtenu de Alvan Clark une lunette équatoriale avec objectif de 30^{cm} d'ouverture, achromatique pour

---

(1) H. Draper, *On Photographing the Spectra of the Stars and Planets* (*American Journal of Science*, vol. XVIII, décembre 1879).

C.-A. Young *and* B.-C. Pickering, *Researches on astronomical Spectrum-photography by the late Prof.* H. Draper (*Proceedings of the american Academy of Arts and Science*, avril 1883).

les rayons chimiques, qui fut montée sur l'extrémité de l'axe de déclinaison du grand télescope de 72^{cm} de diamètre et symétriquement à ce dernier par rapport à l'axe horaire. Dès 1875, cet objectif, portant en avant de son foyer le prisme de quartz déjà mis en usage en 1871, était régulièrement employé à la photographie du spectre des étoiles de première grandeur.

En 1880, l'objectif de 30^{cm} fut remplacé par un objectif un peu moins grand, de 28^{cm} de diamètre, construit par le même opticien et pourvu, suivant les idées de M. L. Rutherfurd, d'un troisième verre destiné à obtenir l'achromatisme chimique. La distance focale primitive était de $4^{m},47$; avec la lentille de correction, elle se trouvait réduite à $3^{m},86$. Le mouvement d'horlogerie destiné à faire mouvoir l'ensemble du télescope et de la lunette n'a pas besoin d'être décrit ici : il suffira d'indiquer qu'il était gouverné par un pendule conique très lourd et que la régularité ne laissait rien à désirer.

Quant à la forme de l'appareil spectroscopique, elle a souvent varié pendant les recherches de Draper. A l'origine, comme nous l'avons indiqué, il employait un prisme de quartz interposé sur le trajet des rayons lumineux concentrés par l'objectif et placé un peu en avant du foyer; c'est de cette manière qu'a été obtenue, en 1872, la première photographie du spectre de Véga. Plus tard il fit usage, dans le même but, de prismes à vision directe pourvus d'une fente et d'une lentille cylindrique destinée à donner au spectre la hauteur nécessaire à une vision facile des lignes de Fraunhofer. Tous ces systèmes, dont quelques-uns donnaient déjà des résultats satisfaisants, furent finalement remplacés, en juin 1879, par un spectroscope stellaire de Browning, à deux prismes de flint lourd, d'un angle de 60°. La lunette d'observation et le collimateur avaient une même distance focale de 152^{mm} et des objectifs de 19^{mm} d'ouverture : le tout formait un système aussi rigide que possible. La fente placée au foyer était couverte d'un diaphragme, percé en son centre et recouvert d'une substance phosphorescente, afin de rendre l'ouverture visible même pendant l'obscurité.

L'oculaire du spectroscope était remplacé par une chambre noire en bois portant une petite plaque photographique découpée dans l'une des plaques plus grandes que fournissent Wratten et

Wainwright. Derrière la plaque et dans la portion sur laquelle se projetait l'image jaune et rouge du spectre de l'étoile se trouvait adapté un oculaire qui permettait à l'observateur de s'assurer, par l'examen de la coïncidence de l'une des lignes noires de cette région avec un repère fixe, que le mouvement d'horlogerie marchait d'une manière régulière et que l'image de l'étoile tombait toujours sur l'axe de la fente.

Les photographies obtenues avec ce dispositif, placé, soit sur le télescope de 72^{cm}, soit sur la lunette de 28^{cm}, ont environ 25^{mm} de longueur et montrent les lignes de Fraunhofer depuis F jusqu'au voisinage de M. La hauteur nécessaire à une vision facile des lignes leur a été donnée en variant très légèrement, pendant l'exposition, la déclinaison de l'instrument.

Par les procédés que je viens d'indiquer, H. Draper a obtenu, de 1879 à 1883, la photographie du spectre d'une cinquantaine d'étoiles brillantes. Sur chaque plaque, à côté du spectre de l'étoile, se trouve une photographie du spectre de la Lune, d'une planète ou du Soleil, destinée à servir d'échelle de comparaison pour la détermination de la position des lignes noires.

Les expériences de MM. Huggins et A. Miller (1), relatives à la Photographie des spectres stellaires, ont commencé en 1863. A cette époque ils essayèrent de reproduire sur une plaque sensible le spectre que leur donnait le spectroscope qu'ils employaient depuis quelques mois à l'étude optique de la lumière des étoiles. Par suite du défaut d'achromatisme chimique de leur instrument, les photographies ne leur donnèrent qu'un trait noir sans lignes visibles; les essais furent alors abandonnés.

Toutefois, en 1875, le mouvement d'horlogerie de l'équatorial de M. W. Huggins ayant été modifié et amélioré par Grubb, la lunette d'Alvan Clark, qui n'avait que 20^{cm} d'ouverture, fut remplacée par un télescope à miroir métallique, du type de Cassegrain, ayant 45^{cm} d'ouverture. En même temps on changeait les prismes de flint du spectroscope en un prisme de spath d'Islande, d'un angle de 60°, taillé perpendiculairement à l'axe du cristal, et les objectifs du collimateur et de la lunette spectroscopique en lentilles de quartz. La

(1) W. Huggins, *On the Photographic Spectra of Stars* (*Philosophical Transactions of the R. Society of London*, vol. CLXXI, p. 669 et suivantes).

fente placée au foyer du télescope et du collimateur du spectroscope était d'ailleurs conservée, afin de pouvoir obtenir facilement, sur la même plaque et avec la même origine de lumière, un spectre de comparaison produit par une lumière de composition connue ou par la combustion d'un métal déterminé; mais elle était toujours maintenue à une largeur de 7 à 8 centièmes de millimètre, afin de ne pas trop diminuer la lumière de l'étoile et de ne pas être obligé de recourir à des poses trop longues. Un agrandissement de l'image de l'étoile étant inutile, le petit miroir du télescope fut supprimé et la fente directement placée au foyer du grand miroir.

Les plaques photographiques ont toujours été des plaques sèches au gélatinobromure d'argent.

La plus grande difficulté expérimentale que M. W. Huggins ait rencontrée dans ses recherches est le maintien de l'image de l'étoile sur la fente très étroite du spectroscope. D'une part, il est en effet impossible de supposer que le mouvement d'horlogerie et le réglage de l'équatorial en distance polaire puissent être assez parfaits pour que l'image de l'étoile ne quitte pas la fente à un instant donné; de l'autre, les chercheurs n'ont pas, en général, un pouvoir optique suffisant, pour que la bissection apparente de l'étoile par la croisée de leurs fils assure la coïncidence de l'image de l'étoile avec la fente et permette de la rétablir si elle a été détruite. Pour réaliser cette condition, MM. W. Huggins et A. Miller ont eu recours à un artifice des plus ingénieux, qui mérite d'être décrit avec quelques détails.

Une plaque circulaire d'argent poli, ayant un diamètre de 37^{mm} et en son centre une ouverture très légèrement plus large que la fente du spectroscope, est placée sur cette fente : ce miroir étant éclairé par une lumière latérale peut être aperçu à l'aide d'une petite lunette de Galilée qui remplace l'oculaire ordinaire du télescope. On voit alors dans le champ de celle-ci le miroir argenté, l'image de la fente et l'image de l'étoile qui déborde toujours un peu sur les lèvres de cette dernière. On peut ainsi maintenir l'image de l'étoile sur la fente, et même la promener le long de cette dernière, de manière à donner à l'image photographique du spectre la hauteur nécessaire à une bonne visibilité des lignes de Fraunhofer.

Un déplacement de la plaque argentée suffit ensuite pour cacher à toute lumière la portion de la plaque photographique sur laquelle

s'est formé le spectre de l'étoile et pour permettre d'obtenir au voisinage de ce dernier un spectre de repère fourni par le Soleil, la Lune ou une lumière connue.

En 1883, l'équatorial de M. Huggins a été démonté pour quelques modifications et remonté d'une manière aussi nouvelle que pratique [1]. L'axe de déclinaison est formé de deux cylindres qui se meuvent l'un dans l'autre; à l'un d'eux est attachée la lunette de 38^{cm} de diamètre; à l'autre le télescope de Cassegrain de 46^{cm} d'ouverture. Ce double axe permet aux deux instruments de se mouvoir indépendamment en déclinaison, mais ils ont le même mouvement en ascension droite. L'un d'eux étant dirigé sur une étoile équatoriale peut donc servir, comme une sorte de chercheur, pour s'assurer de la marche correcte du mouvement d'horlogerie. C'est le système qu'emploie actuellement M. Huggins pour maintenir l'image d'une étoile sur la fente du spectroscope.

Depuis 1876 jusqu'en 1886, MM. Huggins et Miller ont obtenu, avec une durée de pose d'une heure environ, les spectres photographiques des principales étoiles de 1re et de 2e grandeur, et les ont comparés au spectre de la Lune, des planètes et même à celui de la lumière diffuse du ciel.

Les résultats des études des deux physiciens anglais ont pour la plupart été publiés en 1880, dans le tome CLXXI des *Transactions philosophiques,* puis dans les *Proceedings de la Société Royale de Londres;* ils sont classiques et si connus qu'il est inutile de les analyser ici.

En même temps que les spectres d'étoiles, M. Huggins a obtenu le spectre des principales étoiles variables qui se sont montrées depuis 1876, le spectre des grandes comètes de ces dernières années, et enfin les spectres chimiques de quelques nébuleuses, en particulier de la nébuleuse d'Orion (7 mars 1882).

Nous avons encore à signaler ici les recherches de spectroscopie stellaire photographique que M. E.-C. Pickering a entreprises à Harvard College depuis 1882; elles sont en effet poursuivies par une méthode toute différente de celle qui a été employée par H. Draper et par M. W. Huggins. L'astronome américain a adopté

---

(1) Huggins, *Proceedings of Observatory of Upper Tulse Hill in* 1883 (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XLIV, p. 171; février 1884).

une méthode déjà utilisée par Fraunhofer et par le R. P. Secchi et qui consiste à obtenir les spectres en plaçant devant l'objectif de la lunette un prisme d'un angle faible ([1]), mais assez grand pour le couvrir tout entier.

Les avantages de cette méthode sont que les pertes de lumière sont faibles et que l'on obtient simultanément, par une même exposition, le spectre de toutes les étoiles qui sont dans le champ de l'instrument, tandis que par les anciens procédés on ne pouvait photographier que le spectre d'une seule étoile; d'un autre côté, Miller et Huggins ont dû limiter leurs recherches aux étoiles d'une grandeur supérieure à la 4ᵉ, et la méthode de M. E.-C. Pickering lui a permis d'obtenir des spectres très sensibles pour les 7ᵉ et les 8ᵉ. Il faut ajouter cependant que le procédé aujourd'hui employé en Amérique ne permet pas de former sur la photographie un spectre de comparaison et qu'il ne pourra être utilisé que pour la description sommaire, pour le classement des spectres de très nombreuses étoiles.

L'instrument employé à Harvard College depuis le mois de mai 1885 se compose d'un équatorial de forme spéciale, que nous avons déjà décrit dans le paragraphe consacré à la photographie des étoiles et dont l'objectif a 20^{cm} de diamètre. Devant cet objectif photographique on place des prismes, ayant 5° ou 15° d'angle, de manière que leur arête soit parallèle à la direction du mouvement diurne, ou bien horizontale lorsque l'instrument est dans le méridien; les spectres sont alors dispersés dans la direction du méridien.

Avec cette disposition, le spectre d'une étoile est linéaire et les lignes de Fraunhofer ne seraient que très difficilement visibles. Pour donner au spectre une hauteur convenable, on agit sur le mouvement d'horlogerie de l'équatorial, de manière à le dérégler; les étoiles parcourent alors le champ avec une vitesse qui dépend de l'altération de l'horloge et que l'on peut varier à l'infini. Cette vitesse doit être une fonction de l'éclat de l'étoile dont on veut obtenir le spectre, et une expérience de quelques jours apprend bien

([1]) E.-C. Pickering, *An investigation in Stellar Photography conducted at the Harvard Observatory* (*Memoirs of the american Academy*, vol. XI, p. 208; 1886).

vite à la déterminer. Pour les étoiles de 1re grandeur on peut se borner à arrêter l'horloge; leur spectre se photographie pendant qu'elles traversent le champ; pour les étoiles de 8e grandeur il paraît convenable d'avoir un mouvement qui retarde sur le mouvement diurne d'environ douze secondes par heure.

Les plaques au gélatinobromure d'argent restent exposées pendant une heure.

M. E.-C. Pickering a commencé par ce procédé, qui est très rapide, une description des spectres des étoiles comprises entre le pôle nord et 25° de déclinaison australe.

VII. — La Photographie comme méthode de mesure.

L'idée d'employer la Photographie pour obtenir la mesure d'éléments astronomiques a été formulée, pour la première fois, par M. Faye, en 1849, à la suite de discussions nombreuses sur la valeur du diamètre solaire et sur la grandeur de l'équation personnelle particulière à l'observation du passage des bords de cet astre sous le fil d'une lunette méridienne. « Si, dit M. Faye [1], on forme l'image du Soleil, sur une plaque daguerrienne, à l'aide d'un objectif achromatique de 10^m de distance focale, on obtiendra une image de 9^cm environ de diamètre, et le rayon de cette image, divisé par la distance focale de l'objectif, donnera la tangente de l'angle sous-tendu par le rayon du disque solaire.

» On mesurerait le diamètre de l'image par des procédés micrométriques faciles à imaginer; quant à la distance focale de l'objectif, il faudrait recourir à l'excellente méthode de Bessel appliquée à l'héliomètre de Fraunhofer. »

Et le savant astronome fait voir qu'une erreur de quelques millimètres sur la distance focale de l'objectif n'aurait aucune importance et que, par suite, le diamètre du Soleil serait déterminé par le procédé photographique avec une exactitude correspondant à la mesure du diamètre linéaire de l'image, c'est-à-dire avec une exactitude plus grande que celle que l'on obtient par la considération des durées de passage ou des différences de distances zé-

---

[1] H. Faye, *Sur les observations du Soleil* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 19 février 1849).

nithales méridiennes des deux bords supérieurs et inférieurs.

Je ne sache pas qu'aucune expérience suivie ait jamais été faite pour l'application de ce procédé intéressant.

Les mêmes procédés photographiques pourraient, ainsi que le remarque le savant astronome, être employés à la mesure de la position des taches solaires; c'est d'ailleurs ce qui a été réalisé à l'observatoire de Kew à l'aide du photohéliographe.

Mais la question pour laquelle les avantages de la Photographie paraissent à M. Faye plus grands encore est la détermination de l'ascension droite méridienne du Soleil. Dans la Note déjà citée des *Comptes rendus*, on trouve, en effet, les lignes suivantes :

« Si l'on tend, au foyer de l'objectif dont je parlais tout à l'heure, plusieurs fils verticaux et si l'on observe directement le passage des deux bords du Soleil aux fils extrêmes, puis au daguerréotype, le passage de ces deux bords au fil du milieu, la différence des temps conclus pour le passage du centre au méridien, donneront évidemment l'équation personnelle de l'observateur.

» En couvrant la plaque ou l'objectif, à l'aide d'un écran mobile, qu'on puisse faire jouer subitement par une détente, au signal donné par les battements de la pendule, on obtiendra instantanément sur la plaque une image du Soleil avec celle des fils du réticule, et l'on pourra mesurer, puis transformer en temps, la quantité dont le bord aura dépassé le fil du milieu. Or on sait que cette opération, où intervient seulement le sentiment du rythme, n'est point affectée de l'erreur dont il s'agit ici, l'équation personnelle. »

Les suggestions de M. Faye n'ont reçu d'applications que de longues années après avoir été formulées.

La première application en a été faite, sous la direction du savant astronome, par MM. Porro et Quinet [1] à la détermination des phases de l'éclipse partielle du 15 mars 1858. L'objectif employé avait 15^m de distance focale; au foyer même était fixé un châssis double dont une des arêtes était parallèle au mouvement diurne. La partie fixe de ce châssis portait la plaque collodionnée; la partie

---

[1] Faye, *Sur les photographies de l'éclipse du* 15 *mars* 1858, *présentées par MM. Porro et Quinet* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 12 avril 1858).

mobile faisait écran. A un signal donné, dont le temps était enregistré sur un chronographe, cet écran, lancé avec rapidité par un ressort, découvrait la plaque pendant une très minime fraction de seconde.

Les observateurs obtinrent ainsi une suite de photographies des phases de l'éclipse et quelques-unes de ces épreuves furent soumises à une série de mesures micrométriques propres à déterminer les coordonnées polaires de plusieurs points des bords du Soleil et de la Lune. Ces mesures, introduites dans les équations de condition de l'éclipse, devaient donner la distance des centres des deux astres, le diamètre de la Lune et celui du Soleil. Ce dernier fut seul déterminé et les valeurs obtenues ne différaient que peu de celles directement mesurées les jours précédents.

L'enregistrement photographique d'un passage du Soleil au méridien a été réalisé en cette même année 1858 par M. Liais, à propos de la détermination de la longitude de Panaragua, point où il avait observé l'éclipse de septembre 1858. « Pour le Soleil, dit M. Liais (1), j'ai employé des photographies de cet astre faites par moi à Panaragua, pendant son passage à la lunette dans le méridien, les ouvertures ayant coïncidé avec les battements du chronomètre et les épreuves portant à la fois l'image de l'astre et celle des fils. Les distances des deux bords au fil ont été mesurées plus tard avec précision. » C'est exactement la méthode de M. Faye.

Enfin M. Faye (2) lui-même, faisant réaliser ses projets par M. Porro, obtenait, dans les premiers mois de 1860, une série d'enregistrements photographiques des passages méridiens du Soleil. Je me souviens d'avoir vu un jour quelques-unes de ces épreuves, remarquables par leur netteté.

Une application plus importante encore des idées de M. Faye, application dont on attendait les meilleurs résultats, a été faite aux passages de Vénus de 1874 et de 1882. Quelque soin qu'on eût pris pour doter les expéditions astronomiques envoyées pour cette circonstance dans les parties les plus éloignées du globe et pour pré-

---

(1) Liais, *Note sur la longitude de Panaragua* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1er juillet 1861).

(2) Faye, *Sur l'état de la Photographie astronomique en France* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 20 mai 1860).

munir les observateurs contre les phénomènes optiques singuliers qui se produisent si facilement à l'instant des contacts intérieurs de la planète, il était néanmoins à craindre que le phénomène de la goutte noire ne vînt donner à la détermination de l'instant de ces contacts une incertitude assez grande et produire dans la valeur de la parallaxe une erreur probable assez considérable pour que ces expéditions, organisées à grands frais, ne donnassent aucune approximation nouvelle dans la valeur de la parallaxe solaire.

On fut donc unanime à penser qu'il serait utile d'obtenir des photographies du passage, photographies qui, mesurées à loisir, donneraient soit l'instant des contacts, suivant la méthode qui avait si bien réussi à M. Cornu (1) pour l'éclipse partielle de Soleil du 26 mai 1873, soit la distance minimum des centres de Vénus et du Soleil. Toutefois les méthodes employées par les savants des divers pays diffèrent entièrement.

Les souvenirs des expéditions des passages de Vénus de 1874 et de 1882 sont d'ailleurs trop récents pour qu'il soit nécessaire de s'étendre longuement sur les méthodes photographiques employées, et d'un autre côté un petit nombre de résultats ont seuls été publiés, ce qui rend impossible une discussion précise de la valeur des procédés mis en pratique. On me pardonnera donc d'être très bref sur les passages de Vénus.

Les astronomes anglais, allemands et russes ont employé des instruments de même espèce, semblables dans leurs dispositions générales au photohéliographe de Kew et construits par Dallmeyer ou Steinheil. Les images solaires produites au foyer principal, où se trouvait déjà placé un réticule de fils d'araignée, étaient agrandies jusqu'à avoir environ 10^{cm} de diamètre. Les photographies ont été faites sur plaques sèches à l'albumine et au collodion.

Les résultats donnés par les photographies anglaises de 1874 paraissent avoir été peu concordants. M. G.-B. Airy (2), après des mesures et des calculs laborieux, a trouvé convenable de ne pas

(1) A. Cornu, *Résultats numériques relatifs à l'observation photographique de l'éclipse partielle du Soleil du* 26 *mai* 1873 (*Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs au passage de Vénus sur le Soleil*, t. II, p. 429; Paris, 1874).

(2) Airy, *Account of observations of the Transit of Venus* 1874; *Appendix*, p. 18; Londres, 1881.

publier ces observations. La grande incertitude résulte surtout du manque de précision des bords de Vénus (1).

Les astronomes allemands ou russes n'ont point encore publié leurs mesures.

Les Américains, pensant que l'emploi de l'appareil d'agrandissement, indispensable avec les photohéliographes analogues à celui de Kew, devait forcément être suivi de distorsions qui rendraient difficiles les mesures de distances ou d'angles de position, se résolurent à employer des photohéliographes horizontaux construits avec des objectifs de 127^{mm} d'ouverture, achromatiques pour les rayons chimiques, et de 12^{m} de foyer; ces instruments, que j'ai décrits dans une autre section de cette étude, à propos des photographies solaires de M. le professeur Winlock, donnaient à leur foyer principal des images solaires de 122^{mm} de diamètre.

Les photographies obtenues par ce procédé ont été très satisfaisantes (2) et, examinées avec un microscope grossissant environ quatre fois, elles ont montré un bord solaire suffisamment défini pour se prêter aux mesures. De l'ensemble des résultats qu'elles ont fournis, M. Todd (3) a déduit que la parallaxe solaire était de $8'',883 \pm 0'',034$, ce qui est un résultat comparable à ceux obtenus par les autres méthodes qui peuvent être employées à la détermination de la distance de la Terre au Soleil.

En tout cas, les résultats photographiques de 1874 ont semblé aux astronomes de Washington assez satisfaisants pour les engager à employer la même méthode en 1882.

En France, la Commission de l'Académie des Sciences, après de nombreux travaux importants, s'est arrêtée à des instruments de dimensions intermédiaires. Sur le Rapport de M. Fizeau (4), elle décida, dans sa séance du 8 mars 1873, que l'instrument serait

---

(1) C.-L. Tupman, *On the Photographs of Transit of Venus* (*Monthly Notices of the R. astronomical Society*, vol. XXXVIII, p. 508; juillet 1878).

(2) Harkness, *On the transits of Venus* (*Proceedings of the American Association for the advancement of Science*, vol. XXXI, 1882).

(3) D.-P. Todd, *The solar Parallax as derived from the American photography of the transit of Venus* 1874, *december* 8-9 (*American Journal of Science*, 1881, june).

(4) Fizeau, *Rapport sur l'appareil photographique* (*Recueil des Mémoires, Rapports et Documents sur le passage de Vénus*, t. II, p. 329; Paris, 1874).

composé d'une lunette horizontale formée d'un objectif de 135^{mm} d'ouverture et de 4^{m} environ de distance focale, dans laquelle les rayons solaires seraient renvoyés par un miroir plan : le disque du Soleil devait avoir dans cet instrument 36^{mm} environ.

En outre, les photographies durent être faites par le procédé de Daguerre sur des lames de plaqué d'argent bien planes.

Enfin la Commission décida, sur la proposition de M. A. Cornu, que l'achromatisme optique des objectifs serait transformé en achromatisme chimique par un écartement convenable du flint et du crown.

La mesure des plaques daguerriennes, obtenues en 1874 et aussi en 1882 par les observateurs français, n'est point encore entièrement terminée ; mais la discussion des nombres déjà obtenus est poussée activement, et le résultat final ne peut tarder à être publié ; on sait que les images sont en général belles et nettement terminées.

Pour définir les diverses phases de l'entrée, pour saisir, si c'était possible, l'instant des contacts géométriques, M. Janssen avait d'ailleurs imaginé un instrument spécial des plus ingénieux. Le *revolver photographique* (¹) est essentiellement formé d'un plateau denté, portant la plaque sensible qui doit se trouver au foyer de la lunette, et engrené avec un pignon à dents séparées, qui lui communique un mouvement angulaire alternatif de la grandeur de l'image à produire. Devant la boîte et fixé sur le même axe qui porte le plateau, se trouve un disque percé de fentes qui tourne d'un mouvement continu. Chaque fois qu'une fente du disque passe devant celle qui est pratiquée dans le fond de la boîte, une portion égale de la plaque sensible se trouve découverte, et une image se produit. Il est inutile d'ajouter que les mouvements sont réglés pour que la plaque sensible soit au repos quand une fenêtre, par son passage, détermine la formation d'une image.

Cet instrument a donné à M. Janssen les meilleurs résultats.

Pour terminer ce Chapitre des mesures photographiques, il me reste à ajouter que quelques astronomes, comme M. Pritchard, ont, dans l'exactitude des mesures faites sur les plaques photogra-

---

(¹) J. Janssen, *Présentation d'un spécimen de photographies d'un passage artificiel de Vénus, obtenu avec le revolver photographique* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* 6 juillet 1874).

phiques, une confiance si grande, qu'ils proposent d'employer le nouveau mode d'observation à la détermination des parallaxes d'étoiles.

Dans cette longue histoire de la Photographie astronomique, j'ai cherché à mettre en évidence chacun de ses progrès successifs. Lents d'abord, ils sont depuis quelques années devenus rapides et importants, et cette branche de l'Astronomie, née d'hier, paraît aujourd'hui devoir être appliquée aux recherches les plus diverses. Pour la reproduction de la couronne des éclipses, pour l'étude de la surface du Soleil, pour la mesure du spectre des étoiles, la Photographie a déjà remplacé avec avantage les observations laborieuses auxquelles les astronomes étaient astreints; enfin elle va être employée à la construction d'une Carte du ciel et à l'étude des étoiles doubles. Il semble vraiment à quelques-uns que la plaque au gélatinobromure d'argent doit remplacer partout l'œil de l'astronome. Si cela était, j'avoue que je regretterais la satisfaction que j'ai toujours éprouvée à faire sur le ciel lui-même une observation difficile. Je crois, jusqu'à preuve du contraire, que l'œil et la main sont pour l'astronome deux instruments éprouvés dans lesquels il doit continuer à avoir confiance et qui ne deviendront pas de sitôt inutiles.

J'applaudis d'ailleurs à l'emploi d'un nouveau mode d'observation, déjà signalé à l'attention par bien des succès.

Observatoire de Bordeaux, mars 1887.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

12937 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

3/85
NLXX
8672

SPECIAL 92-B
7636

THE GETTY CENTER
LIBRARY

